

1-1-2006

Efecto de la velocidad del aire y la temperatura sobre la textura y el color de dos tipos de fruta deshidratadas en un túnel con aire caliente

Adriana Rico Guerrero
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Citación recomendada

Rico Guerrero, A. (2006). Efecto de la velocidad del aire y la temperatura sobre la textura y el color de dos tipos de fruta deshidratadas en un túnel con aire caliente. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/128

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería de Alimentos by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**EFFECTO DE LA VELOCIDAD DEL AIRE Y LA TEMPERATURA SOBRE LA
TEXTURA Y EL COLOR DE DOS TIPOS DE FRUTA DESHIDRATADAS EN UN
TÚNEL CON AIRE CALIENTE**



ADRIANA RICO GUERRERO

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA DE ALIMENTOS
BOGOTA D.C.
2006**

**EFFECTO DE LA VELOCIDAD DEL AIRE Y LA TEMPERATURA SOBRE LA
TEXTURA Y EL COLOR DE DOS TIPOS DE FRUTA DESHIDRATADAS EN UN
TÚNEL CON AIRE CALIENTE**

ADRIANA RICO GUERRERO

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de Alimentos

Director

J. MAURICIO PARDO B.

Ingeniero de Producción Agroindustrial

Ph. D. Ingeniería de Alimentos

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA DE ALIMENTOS
BOGOTA D.C.**

2006



Artículo 42, Párrafo 2:

El estudio, análisis, investigación, y propuestas ideológicas sustentadas en este trabajo no comprometen en ningún caso a la Universidad, Director o Jurados por los procedimientos, recomendaciones o conclusiones contenidos en el mismo.



Nota de aceptación

Ing. Lena Prieto
Jurado

Ing. Carlos Cardona
Jurado

Bogotá, Abril de 2006



A mis padres y hermano por su apoyo constante y colaboración. A mis amigos.

Adriana



AGRADECIMIENTOS

A Mauricio Pardo, Ingeniero de Producción Agroindustrial, Director del Programa de Ingeniería de Producción Agroindustrial de la Universidad de la Sabana y Director del trabajo de grado, por guiarme durante el tiempo que tome en desarrollar este trabajo y por darme la oportunidad de trabajar con su facultad.

A Mauricio Agúdelo, Ingeniero Civil y profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Sabana por darme la oportunidad de trabajar con su proyecto y brindarme la asesoría necesaria para trabajar sobre este.

A Gabriela Cáez, Ingeniera de Alimentos y a Indira Sótelo, Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos por sus asesorías y constante interés sobre este trabajo.

A los asistentes de laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Sabana por brindarme las herramientas para desarrollar este trabajo y por su colaboración incondicional.

A todos los que directa o indirectamente tuvieron que ver con este trabajo.

A la Facultad de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad De La Salle y a sus profesores y directivos gracias por los conocimientos y dedicación que tienen para con sus estudiantes.

A Dios por darme la oportunidad de llevar a término este y todos los proyectos que me he propuesto.



TABLA DE CONTENIDO

	PAG.
INTRODUCCION	xvii
OBJETIVOS	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
1. MARCO TEORICO	20
1.1. BANANO	20
1.1.1. Composición del banano	21
1.1.2. Importancia económica	21
1.2. MELON	23
1.2.1 Composición de melón	24
1.2.2. Importancia económica	24
1.3. LA DESHIDRATACION	26
1.3.1. Principios de la deshidratación	26
1.3.2. Deshidratación con aire	28
1.3.3. Periodos de deshidratación	29
1.3.4. Variables que intervienen en el proceso de deshidratación	30
1.4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS ALIMENTOS	31



1.4.1. Color	32
1.4.2. Textura	35
1.5. REACCIONES DE DETERIORO DE LOS ALIMENTOS	36
1.5.1. Reacciones enzimáticas	36
1.5.2. Reacciones no enzimáticas	36
2. MATERIALES Y METODOS	38
2.1. MATERIALES	38
2.1.1. Análisis de propiedades físicas	38
2.2. METODOS	39
2.2.1. Selección de materia prima	39
2.2.2. Preparación de las muestras	40
2.2.3. Perdida de peso durante el proceso de deshidratación	40
2.2.4. Determinación de color de las muestras	41
2.2.5. El proceso de deshidratación	42
2.2.6. Túnel de deshidratación	43
2.2.7. Textura y Actividad de agua	46
2.2.8. Temperaturas y velocidades de aire	47
2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	47
2.4. PRUEBA DE TUKEY PARA ANALISIS DE COLOR	49
3. ANALISIS DE DATOS	50
3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	50
3.2. ANALISIS DE LA CINETICA DE DESHIDRATACION	51



3.2.1. Banano	52
3.2.2. Melón	55
3.2.3. Comparación de los tratamientos de banano a temperaturas obtenidas con voltajes de 30V y 110V	58
3.3. GRAFICAS DE VELOCIDAD DE DESHIDRATACION	61
3.3.1. Graficas de velocidad de deshidratación para banano	62
3.3.2. Graficas de velocidad de deshidratación para melón	63
3.3.3. Comparación de los tratamientos de banano a temperaturas obtenidas con voltajes de 30V y 110V.	64
3.4. ANALISIS DE COLOR	66
3.4.1. Análisis de color del banano: Tejido mesocarpico de la rodaja	67
3.4.2. Análisis de color del banano: Tejido vascular de la rodaja	68
3.4.3. Análisis de color del melón	70
3.5. ANALISIS DE TEXTURA	73
3.5.1. Textura de banano	73
3.5.2. Textura de melón	74
3.6. ACTIVIDAD DE AGUA	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFIA	80
ANEXOS	



LISTA DE TABLAS

	PAG
TABLA 1. Taxonomía del banano	20
TABLA 2. Tabla de composición del banano	22
TABLA 3. Taxonomía del melón	23
TABLA 4. Tabla de composición del melón	25
TABLA 5. Análisis de color	38
TABLA 6. Medición de textura	39
TABLA 7. Cinética de deshidratación	39
TABLA 8. Diseño experimental factorial	48
TABLA 9. Análisis de varianza para las pruebas de banano	50
TABLA 10. Análisis de varianza para las pruebas de melón	51
TABLA 11. Condiciones iniciales de humedad del banano	52
TABLA 12. Valores exponenciales para banano	55
TABLA 13. Condiciones iniciales de humedad del melón	55
TABLA 14. Valores exponenciales para melón	58
TABLA 15. Comparación de valores exponenciales para banano	59
TABLA 16. Comparación de valores exponenciales para melón	61



TABLA 17. Condiciones iniciales de color de banano y melón	66
TABLA 18. Textura inicial del banano	73
TABLA 19. Textura inicial del melón	75
TABLA 20. Actividad de agua inicial del banano y melón	76



LISTA DE CUADROS

	PAG
CUADRO 1. Representación de datos de RGB a Lab	41
CUADRO 2. Relación de temperaturas y velocidades de aire	47
CUADRO 3. Tendencia del color	66
CUADRO 4. Cambios de color observados en el tejido mesocarpico del banano a diferentes tratamientos.	68
CUADRO 5. Cambios en el color observados en el tejido vascular del banano a diferentes tratamientos	69
CUADRO 6. Cambios de color del melón a diferentes tratamientos	70
CUADRO 7. Datos promediados de Actividad de agua del banano para cada tratamiento	76
CUADRO 8. Datos promediados de Actividad de agua del melón para cada tratamiento	77



LISTA DE FIGURAS

	PAG
FIGURA 1. Espectro visible	33
FIGURA 2. Comparación entre tono, brillo y saturación	33
FIGURA 3. Circulo CIELab	35
FIGURA 4. Tejido del banano a analizar	42
FIGURA 5. Tejido del melón a analizar	42
FIGURA 6. Túnel de deshidratación	44
FIGURA 7. Dimensiones del túnel	45
FIGURA 8. Sistema electrónico que controla el voltaje de las resistencias	45
FIGURA 9. Texturometro realizando pruebas	46
FIGURA 10. NOVASINA	46



LISTA DE GRAFICAS

	PAG
GRAFICA 1. Etapas de la cinética de deshidratación	29
GRAFICA 2. Combinación de temperaturas y velocidad de aire	43
GRAFICA 3. Deshidratación de banano a 2.1m/s y temperatura variable	53
GRAFICA 4. Deshidratación de banano a 3.5m/s y temperatura variable	53
GRAFICA 5. Deshidratación de banano a 8.0m/s y temperatura variable	54
GRAFICA 6. Deshidratación de melón a 2.1m/s y temperatura variable	56
GRAFICA 7. Deshidratación de melón a 3.5m/s y temperatura variable	57
GRAFICA 8. Deshidratación de melón a 8.0m/s y temperatura variable	57
GRAFICA 9. Comparación de temperaturas extremas y velocidad del aire variable para banano	59
GRAFICA 10. Comparación de temperaturas extremas y velocidades del aire variable para melón	60
GRAFICA 11. Velocidad de deshidratación para banano a 2.1 m/s	62
GRAFICA 12. Velocidad de deshidratación para banano a 3.5 m/s	62
GRAFICA 13. Velocidad de deshidratación para banano a 8.0 m/S	63



GRAFICA 14. Velocidad de deshidratación para melón a 2.1 m/s	63
GRAFICA 15. Velocidad de deshidratación para melón a 3.5 m/s	64
GRAFICA 16. Velocidad de deshidratación para melón a 8.0 m/s	64
GRAFICA 17. Comparación de las temperaturas extremas y velocidades de aire variable para banano	65
GRAFICA 18. Comparación de las temperaturas extremas y velocidades de aire variable para banano	65
GRAFICA 19. Fuerza máxima del banano	74
GRAFICA 20. Fuerza máxima del melón	75



LISTA DE ANEXOS

	PAG
ANEXO A. Perdida de peso	A-1
ANEXO B. Muestra de la construcción de las graficas de velocidad de deshidratación	B-1
ANEXO C. Estadística de color	C-1
ANEXO D. Fotos de banano	D-1
ANEXO E. Fotos de melón	E-1
ANEXO F. Tablas de textura	F-1
ANEXO G. Actividad de agua	G-1



INTRODUCCION

En la búsqueda por satisfacer las necesidades del cliente, la industria de alimentos ha enfocado sus intereses hacia la calidad de los productos, es por tanto que los estudios ya realizados en cuanto a las características del proceso (eficiencias, costos, cinética) deben ser complementados con estudios acerca de la influencia del proceso sobre la calidad final de los productos.

Los consumidores son cada vez más concientes de la calidad de los productos que consumen. Se han escogido dos frutas: banano (*Musa cavendishii*) y melón cantoloupe (*Cucumis melo L.*) que aunque han sido bastante estudiadas, merecen seguir siendo objeto de análisis pues la generación de nuevas opciones de procesamiento o mejoras a las ya existentes representa una ventaja competitiva para Colombia como productor de frutas.

Algunas de las expresiones de calidad son el color y la textura, es por tanto que para poder determinar si un proceso de deshidratación es el más adecuado para un tipo de alimento se debe conocer la influencia de este sobre estos atributos de calidad.

Es conocido que las dos variables que más afectan en un proceso de deshidratación son la velocidad del aire y la temperatura de este, es por esto que en este trabajo se ha elegido estudiar el efecto de las condiciones de deshidratación sobre las propiedades de los productos alimenticios. Es importante conocer y cuantificar este efecto en diferentes etapas para estandarizar y optimizar los procesos y la influencia de estos sobre el color y la textura de estas



dos frutas. Así mismo se intentará correlacionar la velocidad de deshidratación con los cambios en las propiedades de las frutas.

Este trabajo de grado pretende indagar como las variables (velocidad del aire y temperatura) en un equipo de planta piloto afectan a los alimentos en cuanto a sus propiedades físicas: textura y color haciendo un análisis combinando tres velocidades de aire con 5 voltajes para la resistencia de calefacción dando temperaturas variables.

Se observa que con las temperaturas altas la velocidad de deshidratación es rápida, pero en el banano se presentan encostramientos en la superficie de este. En el melón se presentan contenidos de humedad altos y no se completa el proceso de deshidratación.

El color es afectado por la temperatura, mas no por la velocidad de aire, presentando enrojecimiento y oscurecimiento en el color del banano, mientras que en el melón no se hallan diferencias importantes. La textura no es conduyente ya que el proceso en ambas frutas no se completó por los problemas anteriormente mencionados.



OBJETIVOS

Objetivo general

Estudiar el efecto de la velocidad de aire y temperatura sobre la textura y el color de rodajas de banano y melón deshidratados en un túnel de deshidratación con aire caliente.

Objetivos específicos

Hacer un seguimiento de la variación del peso de las muestras de banano y melón con diferentes velocidades de aire y temperaturas de deshidratación.

Cuantificar cambios de color de las muestras de banano y melón durante el proceso de deshidratación.

Medir la textura y la actividad de agua del banano y el melón al final del proceso de deshidratación.

Correlacionar los cambios de las propiedades físicas (color y textura) con la velocidad de deshidratación.



1. MARCO TEORICO

1.1. BANANO.

Pertenece a la familia de las Musáceas de la especie *Musa cavendishii*, tiene sus orígenes en Asia meridional. Fue llevado a América en el año 1.516 y su cultivo se inicio en Canarias a finales del Siglo XIX y principios del siglo XX. A continuación se presenta la taxonomía del banano en la tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del banano.

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotyledoneae
Orden	Scitamineae
Familia	Musaceae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>cavendishii</i>

Fuente: *Enciclopedia agropecuaria, tomo 1. 2001*

Es una planta herbácea perenne gigante de rizoma corto y tallo aparente, de 3.5 a 7.5 metros de altura, su raíz es superficial, de hojas grandes y dispuestas en forma de espiral de 2 a 4 metros de largo y medio metro de ancho, tiene un pecíolo de mas de 1 metro de largo. El tallo es un rizoma gigante, almidonoso, subterráneo, que esta coronado con yemas, sus flores son amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamado “mano”, que consta de 4 a 5 manos y contienen de 3 a 20 frutos. Estos son polimórficos y alargados. La mayoría de los frutos de la familia de musáceas comestibles son estériles.



1.1.1. Composición del banano. El banano tiene un elevado valor energético (92 kcal/100 g), siendo una importante fuente de vitaminas B y C, tanto como el tomate o la naranja. Numerosas son las sales minerales que contiene, entre ellas las de hierro, fósforo, potasio y calcio.

En la tabla 2 se muestra la composición del banano fresco por 100 gramos de sustancia comestible.

1.1.2. Importancia económica. Es el cuarto cultivo más importante del mundo, después de productos como el arroz, el trigo y el maíz ya que es considerado un producto básico y constituye una importante fuente de empleo e ingresos para los países productores.¹ De acuerdo con la FAO, la producción de banano corresponde aproximadamente al 12 % del total de frutas en el mundo. Para el 2003, la superficie cultivada de banano en el mundo era de alrededor de 4'494,686 hectáreas.

Colombia ha tenido una relativa larga tradición como productora y exportadora de banano. Existen dos tipos de este producto: banano de exportación y banano criollo o de consumo interno. Desde 1965 se cultiva la variedad *Cavendishii*.

Las dos regiones que producen banano para exportación son el Urabá antioqueño (municipios de Apartadó, Carepa, Chigorodó y Turbo) y la región norte del departamento del Magdalena (municipios de Córdoba, Río Frío, Orihueca, Sevilla y Aracataca). Según datos del Ministerio de Agricultura, en el 2002 el banano de exportación representó aproximadamente el 6% del área frutícola cosechada nacional y el 18% de la producción del subsector.²

¹ INFOAGRO, El cultivo de plátano [online], España, 2003, [Febrero 3 de 2006] http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm

² BEJARANO SIERRA Sonia Marcela y MORALES SUÁREZ María Viviana. Estudio de la influencia de diferentes perfiles de variación de temperatura de aire sobre las propiedades físicas del banano. Chía 2005. 102p. Trabajo de grado (Ingeniero de Producción Agroindustrial). Facultad de Ingeniería. Universidad de la Sabana.



Tabla 2. Tabla de composición del banano por cada 100g comestibles.

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	CANTIDAD
% PARTE COMESTIBLE		65
KILOCALORIAS		92
AGUA		74.3 g
PROTEINAS		1.0 g
GRASA TOTAL		0.5 g
AC. GRASOS SATURADOS		0.19 g
AC. GRASOS MONOINSATURADOS		0.04 g
AC. GRASOS POLIINSATURADOS		0.09 g
COLESTEROL		0 mg
CARBOHIDRATOS		23.4 g
FIBRA	FIBRA CRUDA	0.5 g
	FIBRA DIETARIA	1.4 g
CENIZAS		0.8 g
MINERALES	CALCIO	6 mg
	FOSFORO	20 mg.
	HIERRO	0.3 mg
	SODIO	1 mg
	POTASIO	396 mg
	MAGNESIO	29 mg
	ZINC	0.16 mg
	COBRE	0.10 mg
	MANGANESO	0.15 mg
VITAMINAS	VIT. A	81 UI
	VIT. A	8 ER
	TIAMINA	0.05 mg
	RIBOFLAVINA	0.10 mg
	NIACINA	0.5 mg
	AC. PANTOTENICO	0.26 mg
	VIT. B6	0.58 mg
	AC. FOLICO	19 mcg
	VIT. B12	0.00 mcg
	AC. ASCORBICO	9 mg

Fuente. Tabla de composición de alimentos colombianos 1990.



1.2. MELÓN

No existe claridad sobre el origen del melón, aunque la mayoría de referencias indican que tiene un origen africano, también se considera la India como el centro de propagación de la especie, ya que es donde se encuentra mayor variabilidad para esta. Afganistán y China son considerados como centros secundarios de diversificación del melón al igual que España. En la tabla 3 se presenta la taxonomía del melón.

Tabla 3. Taxonomía del melón.

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Género	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>melo</i> L.

Fuente: *Enciclopedia agropecuaria*, tomo 1. 2001

El melón pertenece a la familia de las Cucurbitáceas perteneciente a la especie *Cucumis melo* L. es una planta anual, de tipo rastrera o trepadora con un sistema radicular abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo, esta cubierta de formaciones pilosas y presenta nudos en los que se desarrollan las hojas, zarcillos y flores, brotando nuevas hojas de las axilas de las hojas. Las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas.

Los frutos son variables en su forma, pudiendo ser esféricos, elípticos, ovalados, entre otros. Su corteza puede ser de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, de textura lisa, reticulada o estriada y su pulpa de color blanco, amarillo, crema, anaranjado, asalmonado o verdoso. La placenta contiene las semillas y esta puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia. Es importante



que sea pequeña para que no reste pulpa al fruto y que las semillas se encuentren bien situadas para que no se muevan durante el transporte del fruto.³

1.2.1. Composición del melón. El principal componente del melón es agua y una fuente importante de vitaminas del complejo B y vitamina c, es también una fuente de minerales siendo principal el potasio.

En la tabla 4 se puede observar el contenido del melón en 100 gr de muestra.

1.2.2. Importancia económica. El melón es un fruto que se produce en zonas tropicales secas, en Europa se dan con estacionalidad (primavera y verano) producciones importantes como por ejemplo en España.

Para abastecer la demanda mundial de melón Europa realiza importaciones de países como: Brasil (41.8%), Costa Rica (22.2%), Israel (13.5%), Marruecos (11.1%), Honduras (3.6%), Ecuador (1.4%), Guatemala (1.2%), África Del Sur (1.1%), República Dominicana (0.7%), Venezuela (0.6%) y el resto de las exportaciones son cubiertas por otros países (2.9%).

En el comercio intracomunitario España es el principal exportador de melón (77.38%), le siguen con menores porcentajes Holanda (10.37%), Francia (7.69%), Alemania (1.31%). El resto de los países en Europa hace pequeñas exportaciones que no superan al 1%.⁴

³ INFOAGRO, Op cit.

⁴ INFOAGRO, Ibid.



Tabla 4. Tabla de Composición del melón por cada 100g comestibles.

COMPONENTE	SUBCOMPONENTE	CANTIDAD
% PARTE COMESTIBLE		51
KILOCALORIAS		35
AGUA		89.8 g
PROTEINA		0.9 g
GRASA TOTAL		0.3 g
CARBOHIDRATOS		8.4 g
FIBRA	FIBRA CRUDA	0.4 g
	FIBRA DIETARIA	0.3 g
CENIZAS		0.7 g
MINERALES	CALCIO	11 mg
	FOSFORO	17 mg
	HIERRO	0.2 mg
	SODIO	9 mg
	POTASIO	309 mg
	MAGNESIO	11 mg
	ZINC	0.16 mg
	COBRE	0.04 mg
	MANGANESO	0.05 mg
VITAMINAS	VIT. A	3224 UI
	VIT. A	322 ER
	TIAMINA	0.04 mg
	RIBOFLAVINA	0.02 mg
	NIACINA	0.6 mg
	AC. PANTETONICO	0.13 mg
	VIT. B6	0.12 mg
	AC. FOLICO	17 mcg
	VIT B12	0.00 mcg
	AC. ASCORBICO	42 mg

Fuente. Tabla de composición de alimentos colombianos 1990.



1.3. LA DESHIDRATACION

La deshidratación se define como aquella operación unitaria mediante la cual se elimina la mayor parte de agua de los alimentos en forma de vapor mientras estos son calentados.

Al reducir el contenido de agua de un alimento hasta un nivel muy bajo se disminuye la posibilidad de deterioro biológico, físico y químico de este. También se crea un efecto conservante y se reduce el peso y el volumen del alimento, facilitando el transporte y almacenaje de estos.⁵

1.3.1. Principios de la deshidratación. En la deshidratación de alimentos se tienen en cuenta los siguientes principios:

TRANSFERENCIA DE CALOR Y DE MASA:

Supone la introducción de calor en el producto y la eliminación de humedad. Estos dos procesos no están siempre favorecidos por las mismas condiciones operativas. En la deshidratación de alimentos generalmente se persigue la máxima velocidad de desecación.

AREA SUPERFICIAL:

Una mayor área superficial produce mas contacto con la fuente calorífica y una superficie mayor por la que la humedad puede salir. Las piezas más pequeñas y láminas más finas reducen la distancia que el calor tiene que recorrer para alcanzar el centro del alimento y la humedad para llegar a la superficie y escapar.

⁵ SINGH, R. Paul, Introducción a la ingeniería de los alimentos, Ed Acibía, Zaragoza 1998.



TEMPERATURA:

Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y el alimento, mayor será la velocidad de transferencia de calor; esta diferencia es la causa de eliminación de la humedad.

VELOCIDAD DEL AIRE:

El aire caliente no solo retiene más humedad que el frío, sino que al estar en movimiento, esto es, con alta velocidad, elimina la humedad de la superficie del alimento evitando que cree una atmósfera saturada.

HUMEDAD:

Cuando el aire es el medio desecante, cuanto más seco este más rápido será el proceso. El aire húmedo está más cerca de la saturación y puede absorber y retener menos humedad adicional que el seco.

Pero la sequedad del aire también determina el nivel de humedad hasta el que puede desecarse el producto alimenticio. Cada alimento tiene su humedad relativa de equilibrio es la humedad a una temperatura dada a la que ni pierde ni absorbe humedad de la atmósfera. Por debajo de este nivel de humedad atmosférica el alimento puede desecarse más; por encima, no es posible y por el contrario absorbe humedad de la atmósfera.

EVAPORACION Y TEMPERATURA:

Cuando se evapora el agua de una superficie, esta se enfría. El enfriamiento es el principal resultado de la absorción por el agua del calor latente del cambio de estado de líquido a gas, esto es, el calor que vaporización al pasar el agua a vapor de agua. Este calor se toma del aire deshidratante o de la superficie de calentamiento y del alimento caliente, por lo tanto la pieza o gota de alimento se enfría.



TIEMPO Y TEMPERATURA:

Como todos los métodos importantes de deshidratación de alimentos utilizan calor y dado que los componentes de los alimentos son sensibles, se debe llegar a un compromiso entre la velocidad máxima posible de desecación y el mantenimiento de la calidad del alimento. Con pocas excepciones los procesos de deshidratación que utilizan temperaturas altas durante periodos de tiempo cortos causan menos daño al alimento que los que se efectúan a temperaturas más bajas durante tiempos más largos.

1.3.2. Deshidratación con aire. Existen tres tipos de deshidratación:

- Deshidratación por contacto con aire a presión atmosférica: Es en el que se transmite calor a la sustancia alimenticia bien por medio de aire caliente o bien por superficies calientes y se extrae el vapor conjuntamente con el aire.
- Deshidratación a vacío: Utiliza la propiedad de que la evaporación del agua tiene lugar más fácilmente a presiones reducidas. La transmisión de calor se produce casi siempre por conducción y raras veces por radiación.
- Liofilización: El vapor de agua se extrae por sublimación desde el alimento congelado; la estructura de la sustancia alimenticia se conserva mejor, siendo necesario mantener en el secador la temperatura y presiones adecuadas para asegurar la sublimación.

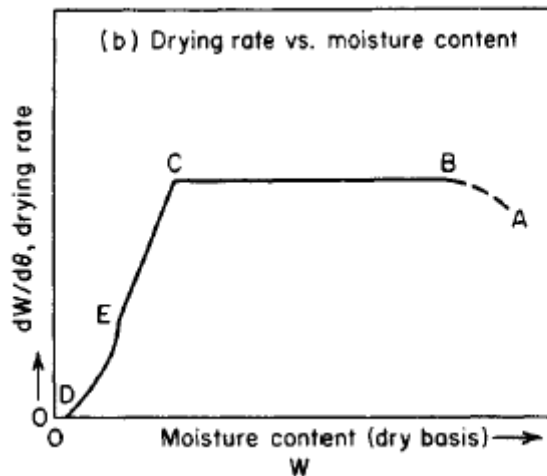
Cuando se lleva a cabo el proceso de deshidratación se presentan dos procesos simultáneos:

- Se transmite calor para evaporar el líquido.
- Se transmite masa en forma de líquido o vapor dentro del sólido y como vapor desde la superficie. Los factores que regulan las velocidades de estos procesos determinan la rapidez o el índice de deshidratación.



1.3.3. Periodos de deshidratación. Un sólido al ser deshidratado de forma experimental, reporta datos que relacionan la velocidad de deshidratación con el contenido de humedad del alimento. Estos datos posteriormente son representados gráficamente sobre un plano cartesiano X-Y donde X es el contenido de humedad y Y el tiempo de deshidratación.

La grafica 1 representa el proceso en el cual los sólidos mojados pierden humedad, primero por evaporación desde una superficie saturada que tiene una superficie que gradualmente decrece y después el agua interna se evapora.



GRAFICA 1. Etapas de la cinética de deshidratación. (Perry 2001)

La sección A-B de la curva representa el periodo de calentamiento del alimento. La sección B-C representa un período de velocidad constante y la sección C-D representa el periodo de velocidad decreciente donde la velocidad varía durante el resto del tiempo de deshidratación.

Periodo de velocidad constante B-C: En este periodo el movimiento de humedad dentro del sólido es lo suficientemente rápida como para mantener una condición saturada en la superficie, controlando la velocidad de deshidratación por medio de la velocidad de transmisión de calor a la superficie de evaporación. El



deshidratado se desarrolla por difusión de vapor desde la superficie saturada del alimento.

Los factores que influyen en la velocidad constante son:

- El coeficiente de transferencia de calor o de transferencia de masa.
- El área expuesta al medio de deshidratación.
- La diferencia de temperaturas o humedad entre la corriente de aire y la superficie mojada del alimento.

El mecanismo interno de movimiento de agua no afecta la velocidad constante.

Periodo de velocidad decreciente C-D: Este se inicia en el contenido crítico de humedad al concluir el período de velocidad constante. Cuando el contenido decreciente de humedad es mayor al contenido crítico y todo el proceso de deshidratación se desarrollara en el período de velocidad decreciente.

Por lo general este periodo se desarrolla en dos zonas:

- Deshidratación de superficie no saturada.
- Movimiento interno de humedad.

En la primera zona, no toda la superficie de evaporación se mantiene saturada por el movimiento de humedad interna. La velocidad de deshidratación disminuye a partir de la sección no saturada y la velocidad de la superficie se reduce. Por consiguiente la velocidad de deshidratación depende de factores que afectan la difusión de humedad en una dirección que se aleja de la superficie de evaporación y afecta la velocidad de movimiento interna de humedad. La velocidad de deshidratación esta regida por el movimiento interno de humedad y la influencia de variables externas disminuyen.

1.3.4. Variables que intervienen en el proceso de deshidratación. Las variables que intervienen en el proceso de deshidratación se relacionan directamente con este:



Temperatura

La temperatura interviene en la velocidad de deshidratación del producto disminuyéndola o aumentándola dependiendo de que tan baja o alta sea esta.

Humedad relativa del aire

La humedad relativa del aire es la razón entre la presión parcial del vapor de agua en el sistema y la presión parcial del vapor de agua en condiciones de saturación a la misma temperatura a la que se halla el sistema. Al subir la temperatura del aire aumenta la capacidad de absorción de humedad y viceversa.

El aire absorbe vapor de agua hasta que llega al estado de saturación, en el cual ya contiene la máxima cantidad de agua que puede absorber.

Velocidad de aire

La velocidad de aire influye en la velocidad de deshidratación siendo una relación directamente proporcional, entre más rápida sea la velocidad de aire mas rápido será el proceso de deshidratación del alimento.

1.4. PROPIEDADES FISICAS DE LOS ALIMENTOS

Cuando un consumidor compra un producto cualquiera, el primer elemento que intervienen es la apariencia del producto. Un aspecto desagradable puede bastar para que el producto sea inmediatamente eliminado de la elección. La apariencia es, por lo tanto, un elemento objetivo de elección o rechazo, pero su apreciación es muy a menudo completamente subjetiva. Esto es conocido desde hace tiempo y ha provocado métodos más o menos bien hallados, de supuesta mejora de la apariencia, por ejemplo, se hacen brillar los frutos rojos, se intentan obtener



productos monocolors, o se iluminan los estantes en los almacenes de tal modo que el color de los productos sea más agradable.

Sin embargo cada vez mas los consumidores son orientados hacia una mejor apreciación de la calidad visual del producto teniendo en cuenta lo que buscan estos. Esta calidad reposa sobre dos factores:

- El color;
- La textura.

1.4.1. Color. La mayoría de pigmentos naturales de los alimentos se destruyen durante los tratamientos térmicos, por transformaciones químicas que tienen lugar como consecuencia de cambios en el pH, por oxidaciones durante el almacenamiento. Como resultado de ello el alimento elaborado pierde su color característico y parte de su valor

Otros cambios como pardeamientos por reacciones de Maillard constituyen una causa importante, tanto en los cambios deseables que tienen lugar en el cambio de color de los alimentos.

El color es un atributo que percibimos de los objetos cuando hay luz. La luz es constituida por ondas electromagnéticas que se propagan a unos 300.000 kilómetros por segundo. Esto significa que nuestros ojos reaccionan a la incidencia de la energía y no a la materia en sí.⁶

Se estima en una decena de millones el número de colores distinguible por el ojo humano, es decir reconocidos como distintos si se presentan de dos en dos y uno junto al otro como se ve en la figura 1.

⁶ Fotonostora, teoría del color [online], España 2002. [Febrero 3 de 2006]
<http://www.fotonostora.com/grafico/teoria/color.htm>

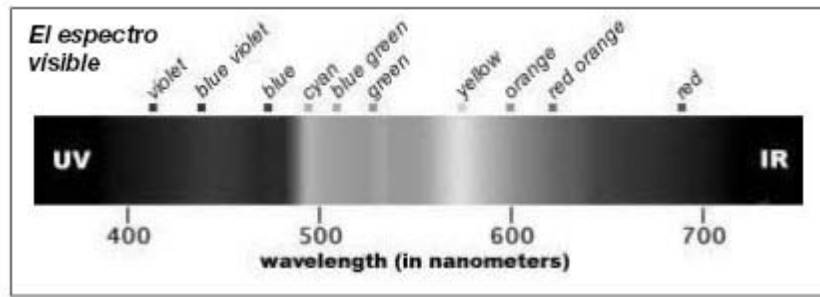


FIGURA 1. Espectro visible. Fotonostira 2003

Propiedades del color

Se definen como tono, saturación, brillo y luminosidad (figura 2).

- Tono (hue), matiz o croma es el atributo que diferencia el color y por la cual designamos los colores: verde, violeta, anaranjado.
- Saturación:(saturation) es la intensidad cromática o pureza de un color.
- Brillo (brightness) es la cantidad de luz emitida por una fuente lumínica o reflejada por una superficie.
- Luminosidad (l i g h t n e s s) es la cantidad de luz reflejada por una superficie en comparación con la reflejada por una superficie blanca en iguales condiciones de iluminación.



FIGURA 2. Comparación entre tono, brillo y saturación. Fotonostira 2003



Sistema CIE Lab

La CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) propuso un modelo en 1931 como estándar de medida. En 1976 se perfeccionó y fue publicado el CIE Lab color system que cambia la forma de notación y representa un avance sobre los modelos anteriores, a diferencia de ellos este modelo dimensiona la totalidad del espectro visible.

Los tres colores de luz percibidos RGB son medidos en el contexto de una iluminación específica y todos los demás son considerados como una combinación de color iluminación y superficie reflectante. Considera el espacio en forma uniforme y despliega tres ejes espaciales: L (luz, blanco- negro), a (rojo-verde), b (amarillo-azul). Este espacio tiene algunas similitudes con el sistema sueco y también está representado en el selector de color de *Photoshop*.

El color CIE Lab es independiente del dispositivo de salida, es decir, crea colores coherentes con independencia de los dispositivos concretos, como monitores, impresoras u ordenadores utilizados para crear o reproducir la imagen. El componente de luminosidad (L) oscila entre 0 y 100. El componente a (eje verde-rojo) y el componente b (eje azul- amarillo) pueden estar comprendidos entre + 120 y - 120. El modo Lab se usa sobre todo al trabajar con imágenes Photo CD o cuando se desea modificar los valores de luminosidad y color de una imagen por separado.

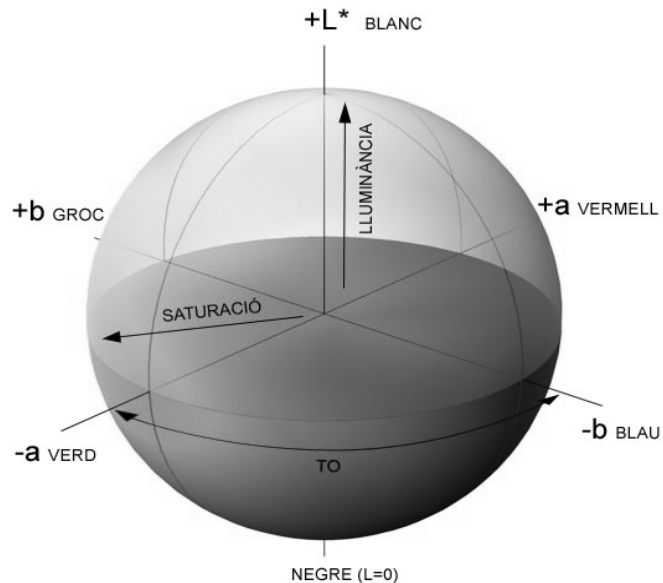


FIGURA 3. Circulo CIE Lab. Colormodels. 2004

1.4.2. Textura. La preparación de alimentos implica procedimientos en los cuales el tamaño de partícula debe ser disminuido y esto representa la trituración de los mismos. La “textura” abarca una combinación de propiedades mecánicas y de fractura.

La textura es una mezcla de los elementos relativos a la estructura del alimento y a la cual están relacionados con los sentidos fisiológicos. La textura de los alimentos no tiene una definición exacta, precisa y satisfactoria, sin embargo, se puede decir que cuenta con ciertas características:

- Son un grupo de características que derivan de la estructura del alimento.
- Se relacionan con la mecánica y la reología.
- No es una propiedad, sino un grupo de propiedades.
- No esta relacionada con el olor o el gusto.



1.5. REACCIONES DE DETERIORO DEL ALIMENTO

1.5.1. Reacciones enzimáticas. La actividad enzimática se inhibe a actividades de agua inferiores a 0.75. Tratamientos de calor cortos, como lo son el escaldado inactivan las enzimas.

Las oxirreductasas son las responsables de este tipo de reacciones y son conocidas como:

- Fenoloxidasa
- Tirosinasa
- Catecolasa
- Fenolasa
- Polifenol oxidasa y
- Polifenolasa.

Los sustratos más comunes relacionados con el pardeamiento enzimático son compuestos no saturados como monofenoles y o-difenoles. La polifenoloxidasa (PPO) es la responsable del pardeamiento de trozos de frutas y verduras cuando estos son expuestos al aire.

La concentración de la enzima PPO es el factor limitante de la reacción enzimática en los alimentos.

1.5.2. Reacciones no enzimáticas. Las reacciones no enzimáticas mas comunes en los alimentos con bajo contenido de humedad son las reacciones de pardeamiento y se pueden definir dos tipos:

Caramelización



Se promueve por el calentamiento directo de los carbohidratos que causa cambios anómicos, alteraciones de tamaño, roturas de enlaces glicosídicos y la formación de nuevos enlaces. La introducción de enlaces dobles en los anillos de azúcar produce intermedios de anillos insaturados, que absorben la luz y producen color.

Reacciones de Maillard.

Ocurre por medio de una serie de reacciones complejas definidas entre azúcares reductores y grupos amino en aminoácidos y proteínas. Estas reacciones provocan pérdidas del valor nutritivo, formación de pigmentos pardos, así como la formación de sabores especiales. La reacción posee una velocidad máxima en el intervalo de humedad baja; para frutas y verduras el intervalo máximo es de 0.65 a 0.75.

La velocidad de pardeamiento es alta a bajos contenidos de agua y también puede presentarse con aumentos de la temperatura. Esta reacción se puede disminuir si se disminuye el pH de 8 a 3.



2. MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

Las materias primas a utilizar son banano variedad criollo (*Musa cavendishii*.) proveniente de cultivos tecnificados situados en La Mesa, Cundinamarca y melón Cantaloupe variedad piel de sapo (*Cucumis melo L.*) proveniente de los cultivos Grajales situados en el departamento del Valle. Las materias primas son adquiridas en la central de Abastos (CORABASTOS) en la ciudad de Bogotá.

2.1.1. Análisis de propiedades físicas. Las propiedades físicas medidas en este trabajo son:

Color: La medición de color se hace por medio de los instrumentos descritos en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de Color

PARAMETRO	METODO	INTRUMENTOS
Coordenadas CIE Lab	Análisis de imágenes digitales.	Cámara digital Canon Power Shot A 510 (3.2 megapíxeles) Computador Programas: Image Tool y Munsell Conversion



Textura: Para la medición de la textura se utilizan los instrumentos descritos en la tabla 6.

Tabla 6. Medición de textura

PARAMETRO	METODO	INSTRUMENTOS
Textura	Fuerza máxima de penetración	Texturometro TA-XT2

Cinética de deshidratación: En la cinética de deshidratación se emplean los equipos e instrumentos descritos en la tabla 7.

Tabla 7. Cinética de Deshidratación

PARAMETRO	METODO	INTRUMENTOS
Deshidratación	Aire caliente	Túnel de deshidratación con circulación de aire caliente.
Velocidad de aire Temperatura	Electrométrico	Balanza Anemómetro Termocuplas tipo J Computador Programa IOtech Datalogger Termómetros de mercurio

2.2. METODOS

El proceso de deshidratación y análisis de resultados se realizaron en los laboratorios de Investigación y Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería de Producción Agroindustrial de la Universidad de la Sabana.

2.2.1. Selección de la materia prima. Para la selección de las frutas se tuvo en cuenta las características del túnel de deshidratación, ya que su comportamiento



no esta totalmente definido y por las temperaturas establecidas para los procesos de deshidratación.

Banano

El grado de madurez escogido para el banano debe presentar en la fruta aun sus extremos verdes sin manchas sobre su superficie, el color es amarillo fuerte, y no presenta marcas; la pulpa es blanda, ligeramente dulce y su color es amarillo claro.

Melón

Al igual que el banano, el melón tiene que presentar un grado de madurez intermedio donde su cáscara sea de color verde intenso y su pulpa sea firme de color naranja brillante y su sabor sea dulce.

2.2.2. Preparación de las muestras. Para iniciar el proceso de deshidratación se toman las muestras de la zona central de las frutas de la siguiente manera:

- Se pela la fruta
- Se toma la parte central de la fruta en donde las rebanadas presentan una forma uniforme, para el banano se toman rodajas de 3.4 a 3.5 cm. de diámetro y para el melón se cortan rectángulos de 3cm^2 , se cortan rebanadas de aproximadamente 2mm. de espesor y se disponen sobre una bandeja formando una sola capa.

2.2.3. Perdida de peso durante el proceso de deshidratación. Para determinar la perdida de peso de las muestras durante el proceso de deshidratación se lleva a cabo el pesaje de las muestras al inicio del proceso y después en intervalos de 30 minutos hasta que este no variaba. El porcentaje de



humedad se calcula haciendo la diferencia de pesos teniendo en cuenta que el porcentaje inicial era: 80% para banano y 96% para melón.

2.2.4. Determinación de color en las muestras. La determinación de color se lleva a cabo a través de los programas de computador: *Image Tool* y *Munsell conversion*, descargados a través de Internet gratuitamente por medio de las páginas <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html> y www.munsell.com. *Image Tool* se encarga de tomar puntos sobre fotos digitales que son convertidos a coordenadas RGB. *Munsell conversion* traduce los datos RGB a datos Lab los cuales son descritos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Representación de datos de RGB a Lab

PARAMETRO	SIGNIFICADO	ESCALA
L	Luminosidad	Blanco = 100 Negro = 0
a	Color Rojo-Verde	Rojo = Positivo Verde = negativo
b	Color Amarillo-Azul	Amarillo = Positivo Azul = Negativo

La medición se hace siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se toma una foto digital a una muestra al inicio del proceso, a la misma muestra se le toman fotos cada 30 minutos siguiendo todo el proceso. Las fotos se toman desde una misma posición ubicada en la parte superior del túnel, utilizando un montaje de luces halógenas para dar la mayor claridad posible dentro del túnel y usando un trípode construido específicamente para las condiciones de obtención de las fotos.
- Las fotos tomadas se descargan a archivos en el computador donde están cargados los programas de análisis de color.
- Por medio de *Image Tool* se toman 6 puntos en cada foto, los cuales son traducidos a coordenadas RGB. Los puntos se toman en el banano en el tejido



mesocarpico y el tejido vascular y en el melón en el tejido mesocarpico como se ve en las figuras 4 y 5.

- Seguidamente los datos RGB son pasados a datos Lab con el programa *Munsell Conversion* para ser promediados. Después los datos son evaluados por medio de prueba de Tukey⁷ que indica las diferencias significativas en los promedios hallados en cada prueba.

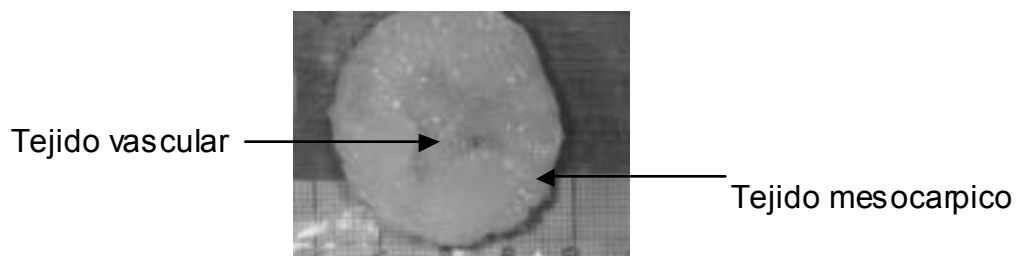


FIGURA 4. Tejido del banano a analizar

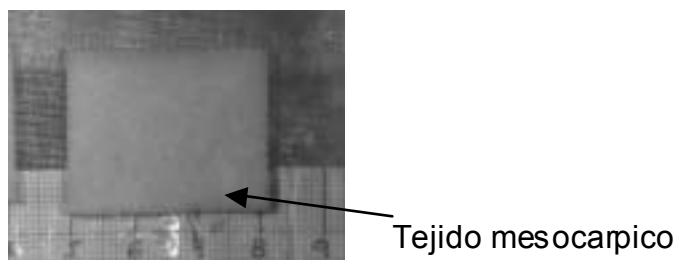


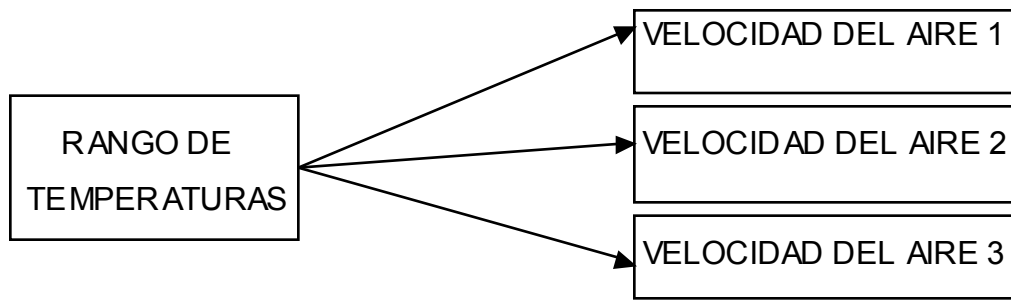
FIGURA 5. Tejido del melón a analizar

2.2.5. El proceso de deshidratación. El proceso de deshidratación se lleva a cabo en un túnel el cual esta diseñado para que el aire que circula dentro de el circule continuamente siendo calentado por resistencias que están ubicadas a la entrada del aire.

⁷ MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos, 2^{da} Edición, Ed. Limusa, México 2004, p.96.



Para llevar a cabo cada uno de los tratamientos se hace una combinación de velocidades de aire con temperaturas de calentamiento del aire, como se ve en el grafica 2.



GRAFICA 2. Combinación de temperaturas y velocidades de aire

2.2.6. Túnel de deshidratación. En la figura 6 se puede ver la forma general del túnel de deshidratación que fue construido por los alumnos de Ingeniería de Producción Agroindustrial de la Universidad de la Sabana.

El túnel esta construido con laminas de acero galvanizado y recubierto con una capa de fibra de vidrio de 100 milímetros de espesor, el aire es generado por un ventilador marca Corradi de referencia MTA-80lb/6 de 60Hz y gira a 905 rpm. El túnel cuenta con un espacio para muestra de aproximadamente 30g, las dimensiones del túnel están especificadas en la figura 7.

El túnel cuenta con dos resistencias de 220v que se encuentran a la entrada del aire, las termocuplas se encuentran distribuidas de manera que toman lecturas de la temperatura de las resistencias, el producto, entrada y salida de aire; éstas van conectadas al *Dataloger* que registra las temperaturas y las pasa a un archivo en el computador; las lecturas se registran cada 5 segundos.

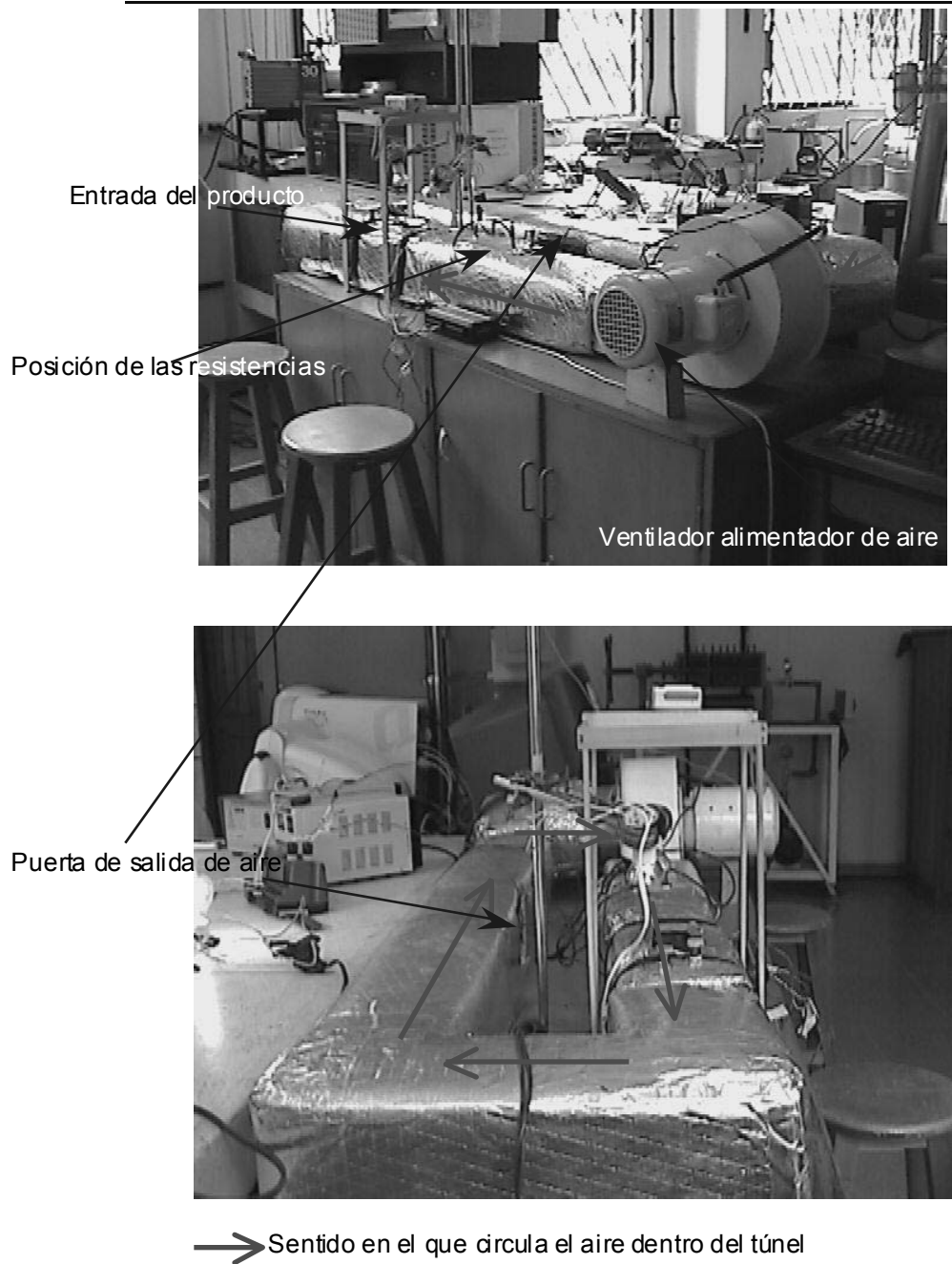


FIGURA 6. Túnel de deshidratación.

El voltaje de las resistencias es controlado por un sistema electrónico como el que se puede ver en la figura 8. Este sistema controla el voltaje aplicado a las resistencias que calientan el aire.



1. Ventilador alimentador de aire
2. Puerta de salida de aire
3. Entrada de producto
4. Bandeja de producto
5. Resistencias

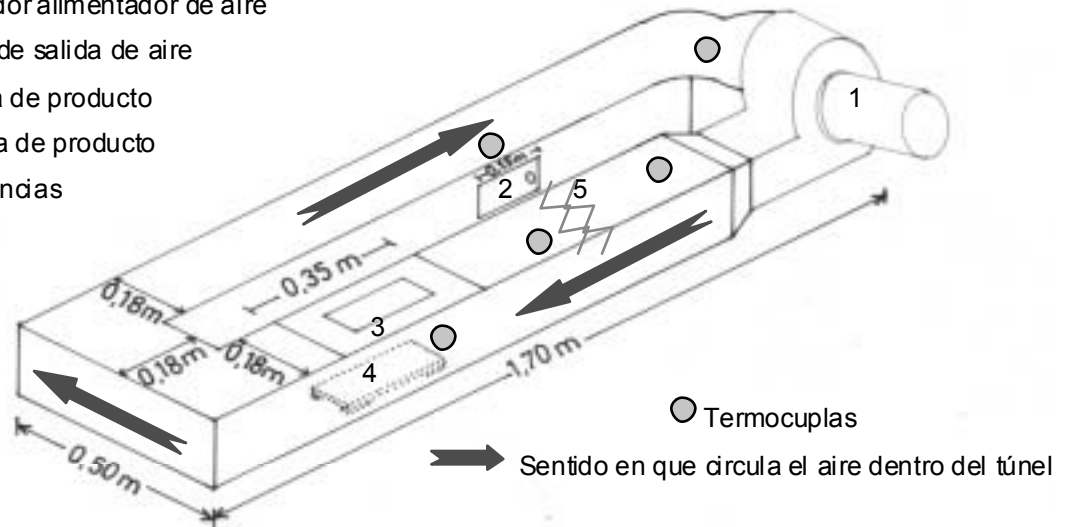


FIGURA 7. Dimensiones del túnel.

El ventilador está conectado a un variador, que regula la velocidad de aire dentro del túnel.

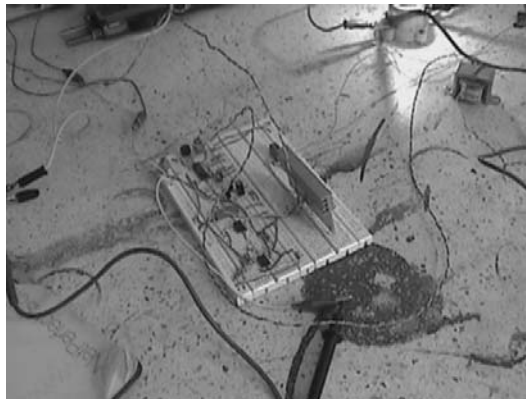


FIGURA 8. Sistema electrónico que controla el voltaje de las resistencias.



2.2.7. Textura y Actividad de agua. La medición de textura se hace con el Texturometro de referencia TA-XT2 con una probeta tipo Guillotina como se ve en la figura 9. Esta lectura se hace a 6 muestras de las cuales se toman los 3 valores mas cercanos, se promedian y se dan los resultados, los datos se recogen como la fuerza máxima que realiza el texturometro para fracturar la muestra a analizar.

La actividad de agua se realiza con el equipo medidor de actividad de agua “Novasina” ilustrado en la figura 10. Esta prueba se realiza a 3 muestras dejando que la lectura sea confiable, los datos recogidos se promedian.

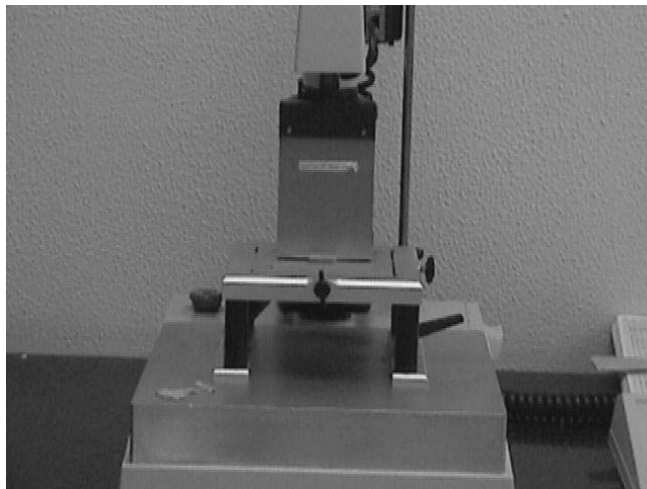


FIGURA 9. Texturometro realizando pruebas

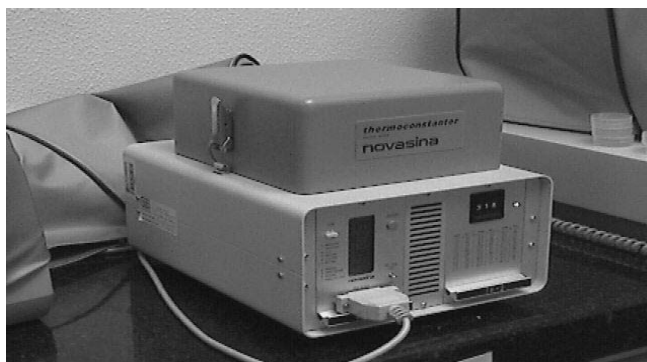


FIGURA 10. Medidor de actividad de agua “Novasina”



2.2.8. Temperaturas y velocidades de aire. Las temperaturas utilizadas para los tratamientos de deshidratación fueron seleccionadas de acuerdo a procesos previos realizados en el túnel al igual que las velocidades del aire como se explica en el cuadro 2. Posteriormente se hace una combinación de temperaturas y velocidades de aire.

Cuadro 2. Relación de temperaturas y velocidades de aire.

TEMPERATURAS	
VOLTAJES DE LAS RESISTENCIAS (v)	RANGO DE TEMPERATURAS DEL AIRE (°C)
30	29.8 – 34
50	36 – 48.1
70	39.1 – 61.5
90	43.3 – 67.4
110	46.7 – 73.6

VELOCIDADES DE AIRE	
FRECUENCIAS DEL VENTILADOR (Hz)	VELOCIDADES DE AIRE DENTRO DEL TUNEL. (m/s)*
20.4	2.1
30.0	3.5
60.0	8.0

* Estas velocidades son tomadas con un anemómetro.

2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El tipo de diseño experimental usado fue el diseño factorial (3 factores y niveles variables). Los factores trabajados fueron: temperatura, velocidad del aire y tiempo de deshidratación. Para temperatura se trabajaron 5 niveles, para velocidad de aire 3 niveles, y para tiempo se trabajó desde 4 niveles hasta 13 niveles dependiendo de la humedad del producto.

El procedimiento utilizado para llegar al análisis de varianza es el encontrado en Montgomery (2000).

Ver los resultados obtenidos de este diseño experimental en el capítulo 3 Análisis de datos.



Para realizar los tratamientos se toman el banano y el melón y se someten a cada uno de los niveles de temperatura, velocidad de secado y tiempo tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Diseño experimental factorial

TIPO DE FRUTA (BANANO Y MELON)															
TEMPERATURAS (°C)	VELOCIDAD DEL AIRE (m/s)														
	2.1					3.5					8.0				
TEMPERATURA PARA BANANO	34	47.2	61.5	67.4	73.6	33.2	48.1	54.5	52.5	62	29.9	36	39.1	46.5	46.7
TEMPERATURA PARA MELON	32.7	45.4	58.4	63.6	58.7	31.9	41.6	47.6	58.6	57.2	29.8	36.4	42.8	43.3	49
TIEMPO DE SECADO	Y_{ijkl}	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
60	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.
.
.

El modelo de análisis de varianza de tres factores es:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \\ l = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Y_{ijkl} = Nivel de deshidratación.

μ = Media de deshidratación.

τ_i = Factor A (velocidad del aire).

β_j = Factor B (temperatura).

γ_k = Factor C (tiempo).

$\tau\beta_{ij}$ = Interacción AB.

$\tau\gamma_{ik}$ = Interacción AC.

$\beta\gamma_{jk}$ = Interacción BC.

$\tau\beta\gamma_{ijk}$ = Interacción ABC.

ε_{ijkl} = Error experimental.



2.4. PRUEBA DE TUKEY PARA ANALISIS DE COLOR

Esta prueba es utilizada para hallar las diferencias significativas de color. Identifica en que punto del tratamiento se presenta un cambio de color en la muestra con respecto al color de la muestra, antes de iniciar el proceso.

Para hallar el valor de la prueba de Tukey se utiliza la ecuación:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(a, f) \sqrt{\frac{MS_E}{n}}$$

T_{α} = Valor de Tukey.

$q_{\alpha}(a, f)$ = valor del rango studentizado.

MS_E = Error cuadrático medio.

n = número de replicas.

Para determinar en que punto del proceso se presenta el cambio de color se hace una diferencia de los promedios de la muestra:

$$Y_1 - Y_2 = a$$

$$Y_1 - Y_3 = b$$

.

.

.

$$Y_1 - Y_n = m$$

Los datos obtenidos de esta diferencia se comparan con el valor de Tukey, si el valor de la diferencia es menor al valor de Tukey no se presenta una diferencia, si el valor de la diferencia es mayor al valor de Tukey se dice que se presenta una diferencia significativa, es decir, se presenta un cambio en el color de la muestra.



3. ANALISIS DE DATOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados obtenidos de los análisis de varianza para las pruebas hechas al banano y el melón se pueden observar en las tablas 9 y 10.

Hipótesis Nula: Afectan la temperatura, la velocidad de aire y el tiempo a el color y la textura de el banano y el melón (Valores mas cercanos a cero).

Tabla 9. Análisis de varianza para las pruebas de banano

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	f CALCULADA	VALOR P
EFECTO PRINCIPAL					
A Velocidad de aire	1304,551	13	100,350	78592,609	0,00000000*
B Temperatura	290,123	4	72,531	56805,000	0,004188571
C Tiempo	32,032	2	16,016	12543,297	0,004183895
INTERACCION DE DOS FACTORES					
AB	53,660	52	1,032	808,185	0,00000000*
AC	23,952	26	0,921	721,488	0,00000000*
BC	90,543	8	11,318	8864,006	0,000641776*
INTERACCION DE TRES FACTORES					
ABC	77,990	104	0,750	587,311	0,00000000*
ERROR	2,145	1680	0,001		
TOTAL	1874,996	1889			

En la tabla 9 se puede ver que la Velocidad de aire (A), las interacciones AB, BC, AC y ABC afectan significativamente el color y la textura del banano, ya que valores superiores a 0,000641776 representan el rechazo de la hipótesis nula.

**Tabla 10.** Analisis de varianza para las pruebas de melón.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	f CALCULADA	VALOR P
EFFECTO PRINCIPAL					
A Velocidad de aire	958,886	13	73,76048	312654,126	0,00405799
B Temperatura	60,072	4	15,01791	63657,559	0,004037692
C Tiempo	1,495	2	0,74742	3168,154	0,004045865
INTERACCION DE DOS FACTORES					
AB	48,421	52	0,93117	3947,008	0,007254593
AC	3,028	26	0,11644	493,583	2,79751E-06*
BC	12,972	8	1,62147	6873,028	0,091777376
INTERACCION DE TRES FACTORES					
ABC	27,461	104	0,26405	1119,261	0,004047332
ERROR	0,396	1680	0,00024		
TOTAL	1112,731	1889			

En la tabla 10 se encuentra valores significativos en la interacción AC, valores superiores a este rechazan la hipótesis nula.

Estos resultados se usan como punto de referencia en la experimentación, sin que estos determinen los resultados finales de los análisis realizados.

3.2. ANALISIS DE CINETICA DE DESHIDRATACION

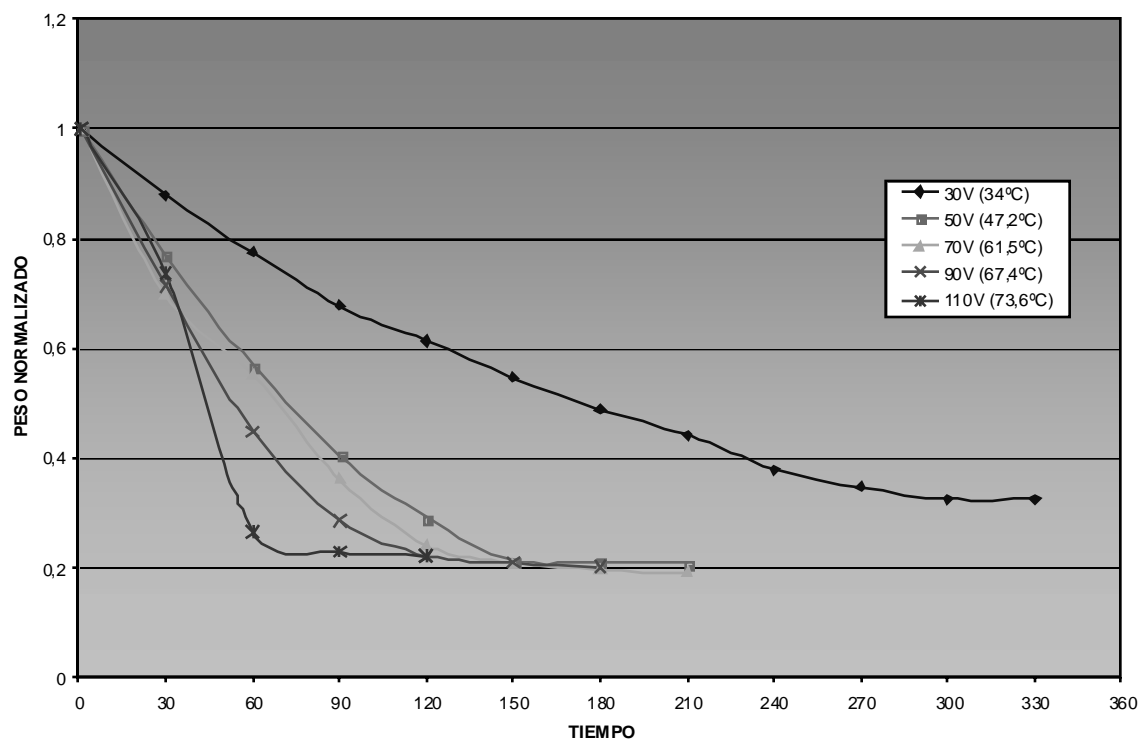
La tabla 11 describe los contenidos de humedad inicial del banano para cada unos de los tratamientos aplicados.

Para efectos de la comparación entre tratamientos se decidió que las gráficas de la forma peso normalizado en función del tiempo (graficas 3 a 10) eran las mas apropiadas y se usaron en este análisis.

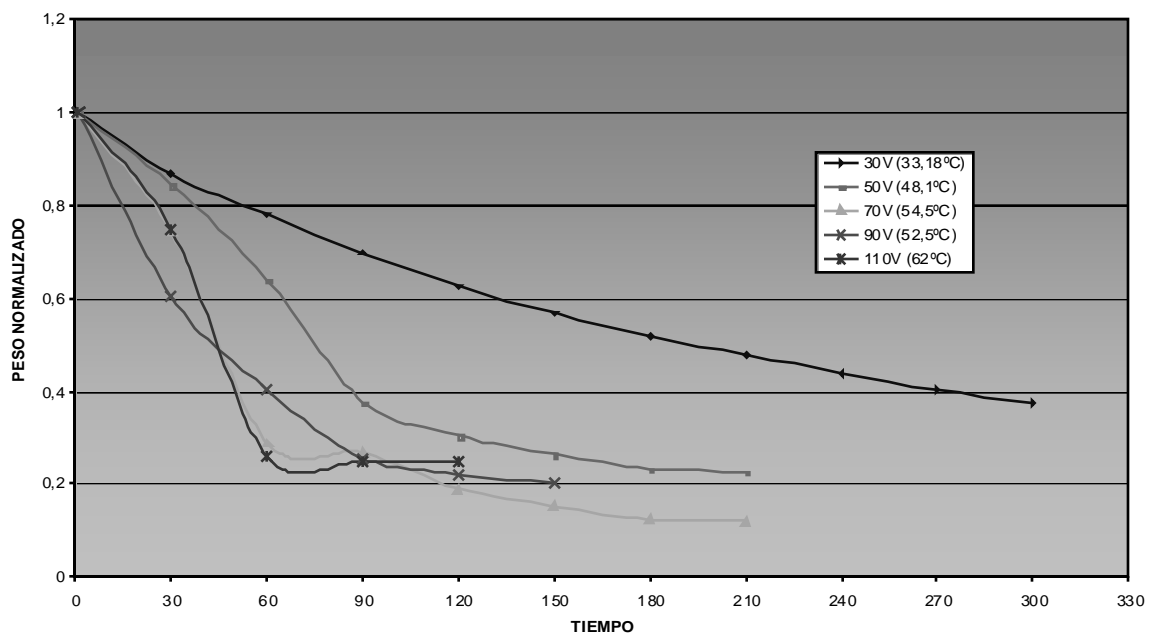
**TABLA 11.** Condiciones iniciales del contenido de agua del banano

TRATAMIENTO		
VELOCIDAD DEL AIRE	TEMPERATURA	CONTENIDO INICIAL DE AGUA PROMEDIO DE LAS MUESTRAS
2.1 m/s	34°C	81,216
2.1m/s	47.2°C	83,152
2.1m/s	61.5°C	79,248
2.1m/s	67.4°C	69,064
2.1m/s	73.6°C	71,032
3.5m/s	33.2°C	73,8
3.5m/s	48.1°C	77,504
3.5m/s	54.4°C	76,016
3.5m/s	52.5°C	82,704
3.5m/s	62°C	83,8
8.0m/s	29.9°C	73,712
8.0m/s	36°C	78,04
8.0m/s	39.1°C	77,216
8.0m/s	46.5°C	82,576
8.0m/s	46.7°C	84,16

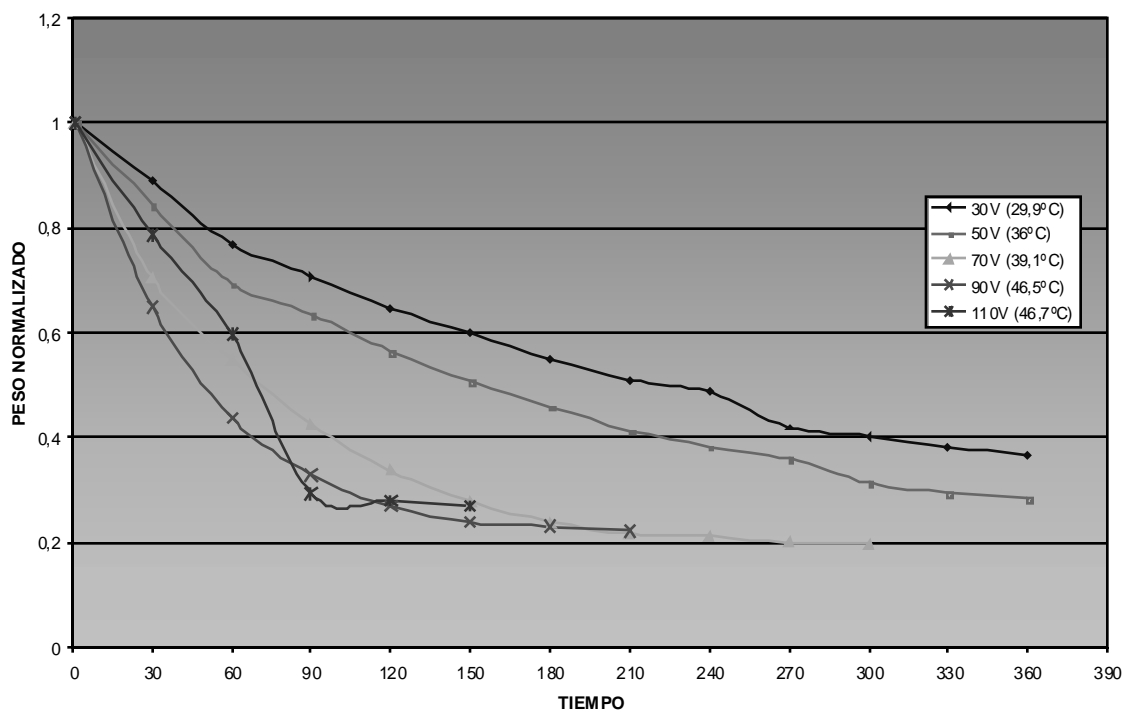
3.2.1. Banano. Las gráficas 3 a 5 describen el proceso de deshidratación del banano a diferentes velocidades de aire y compara diferentes temperaturas de deshidratación. Los pesos de las muestras se han estandarizado dividiendo sobre el peso inicial de las muestras para lograr cifras que permitan la comparación. Es claro por las gráficas que el proceso toma una tendencia asintótica en la etapa de deshidratación decreciente. Hay dos grupos de curvas que se diferencian claramente en las tres gráficas mostrando tratamientos que se podrían llamar lentos y rápidos. Sin embargo para poder hacer comparaciones entre velocidades de deshidratación, las curvas se ajustan a una ecuación del tipo $y = e^{bx}$ en donde el valor b se toma como un indicador de la velocidad de deshidratación. Los exponentes y el coeficiente de regresión de los tratamientos se resumen en la tabla 11.



GRAFICA 3. Deshidratación de banano a 2.1m/s y temperaturas variables.



GRAFICA 4. Deshidratación de banano a 3.5m/s y temperaturas variables



GRAFICA 5. Deshidratación de banano a 8.0m/s y temperaturas variables.

En la tabla 12 los coeficientes de correlación R^2 muestran un buen grado de ajuste de la ecuación exponencial a la cinética de deshidratación siendo el menor coeficiente 0.798 y el mayor 0.9829.

Las gráficas 3 a 5 y la tabla 1 indican que los tratamientos de deshidratación más rápidos son los que utilizan temperaturas altas no siendo determinante la velocidad de aire ya que no parece afectar la velocidad de deshidratación.

En la tabla 12 se observa que el valor de b más alto pertenece a la temperatura de 73.6°C y el valor más bajo corresponde a la temperatura de 29.9°C siendo estos dos valores las temperaturas máxima y mínima utilizadas en los tratamientos. No se presenta una tendencia en la velocidad de aire ya que como se comentó anteriormente no influye sobre la velocidad de deshidratación. Por consiguiente se puede decir que la velocidad de deshidratación del banano es controlado por la transferencia de calor.



TABLA 12. Valores de b y R^2 para tratamientos de banano.

Exponentes banano 2.1m/s			Exponentes banano 3.5m/s			Exponentes banano 8.0m/s		
	b	R^2		b	R^2		b	R^2
30V (34°C)	-0,0038	0,9829	30V(33,18°C)	-0,0035	0,985	30V (29,9°C)	-0,0031	0,9704
50V (47,2°C)	-0,0088	0,9351	50V (48,1°C)	-0,0082	0,9296	50V (36°C)	-0,0039	0,9557
70V (61,5°C)	-0,0094	0,912	70V (54,5°C)	-0,0119	0,8737	70V (39,1°C)	-0,0067	0,8257
90V (67,4°C)	-0,0107	0,8909	90V (52,5°C)	-0,0124	0,9141	90V (46,5°C)	-0,0089	0,798
110V (73,6°C)	-0,0149	0,8505	110V (62°C)	-0,0142	0,8031	110V(46,7°C)	-0,0101	0,9042

Cuanto más cercano es el valor de b a 0 más rápida es la velocidad de deshidratación.

3.2.2. Melón. La tabla 13 indica las condiciones iniciales de humedad para el melón utilizado en cada una de las pruebas.

Tabla 13. Condiciones iniciales del contenido de agua del melón

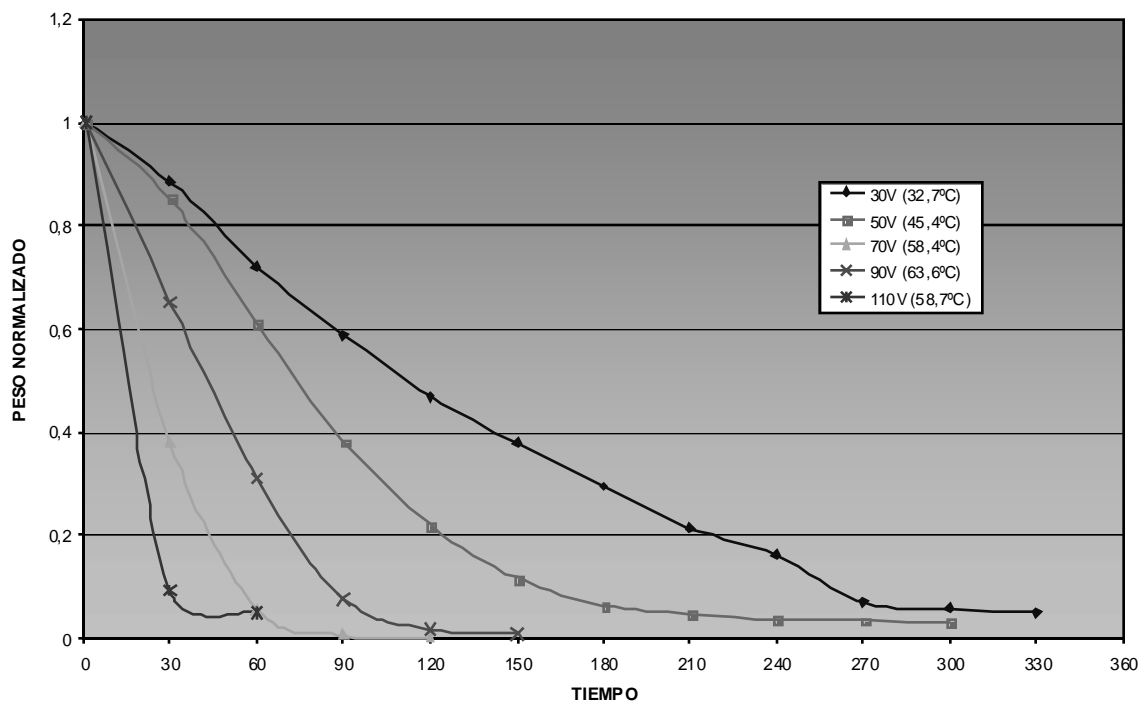
TRATAMIENTO		
VELOCIDAD DEL AIRE	TEMPERATURA	CONTENIDO INICIAL DE AGUA PROMEDIO DE LAS MUESTRAS
2.1m/s	32.7°C	77,9488
2.1m/s	45.4°C	80,032
2.1m/s	58.4°C	79,3312
2.1m/s	63.6°C	72,9088
2.1m/s	58.7°C	77,4688
3.5m/s	31.9°C	77,92
3.5m/s	41.6°C	82,3072
3.5m/s	47.6°C	76,5664
3.5m/s	58.6°C	78,8608
3.5m/s	57.2°C	78,0256
8.0m/s	29.8°C	75,9136
8.0m/s	36.4°C	77,44
8.0m/s	42.8°C	76,9504
8.0m/s	43.3°C	78,5248
8.0m/s	49°C	79,2736

Las gráficas 6 a 8 describen el proceso de deshidratación del melón a diferentes velocidades de aire y compara diferentes temperaturas de deshidratación. La forma de las gráficas es similar a las de banano y se ha hecho un análisis de los

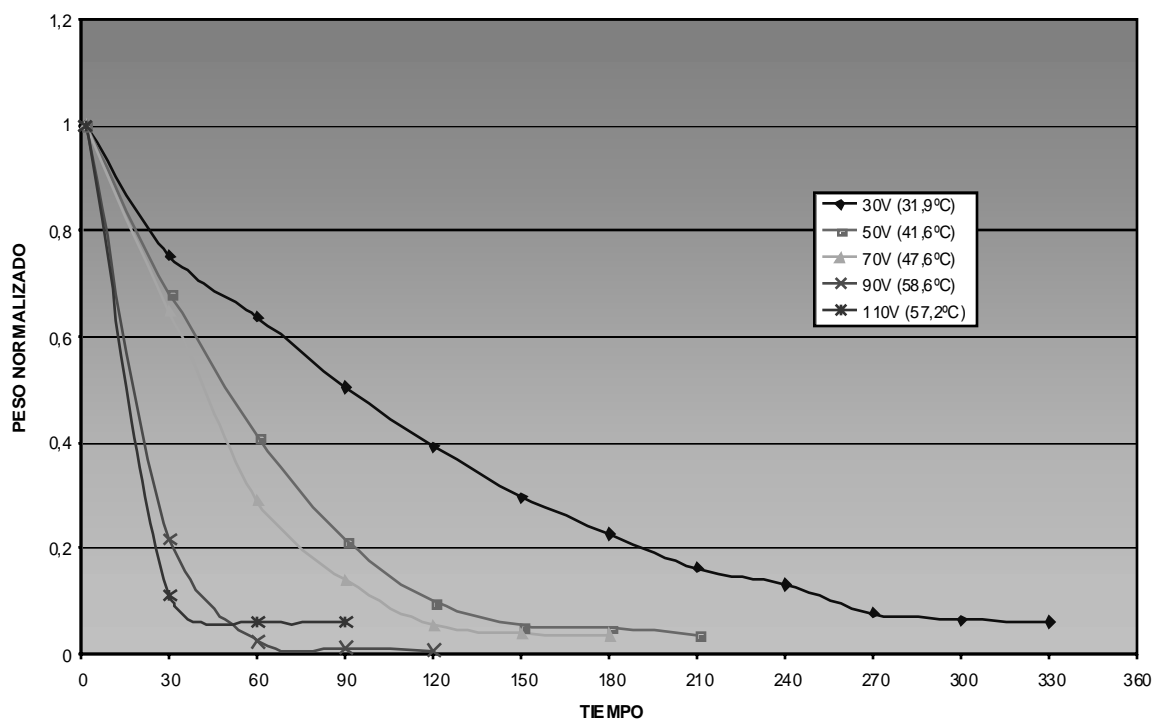


datos de la misma manera para poder hacer una comparación cuantitativa. Los datos se resumen en la tabla 14.

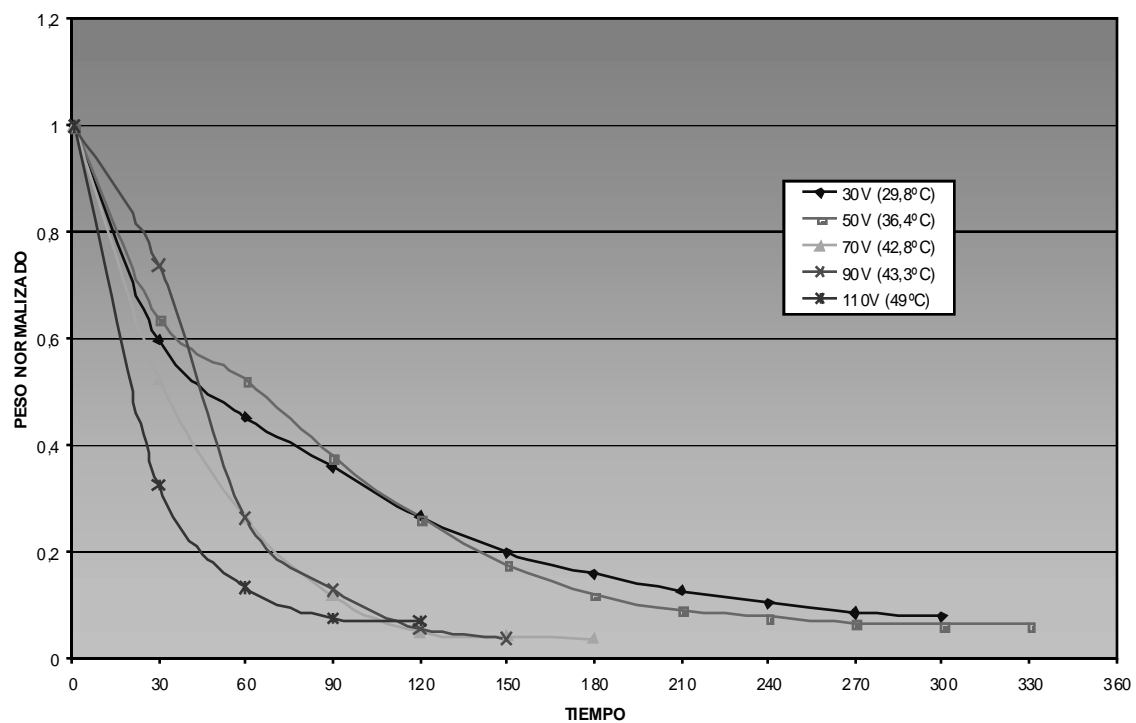
Las gráficas 6 a 8 y la tabla 14 muestran velocidades de deshidratación altas en los tratamientos donde se utilizan temperaturas altas y tratamientos largos para temperaturas bajas, sin presentarse una tendencia con las velocidades de aire. Esto es similar a lo encontrado para el banano. Al comparar los tratamientos para banano y melón se puede decir que los procesos de banano se llevan a cabo más rápido que los procesos de melón.



GRAFICA 6. Deshidratación de melón a 2.1m/s y temperaturas variables.



GRAFICA 7. Deshidratación de melón a 3.5m/s y temperaturas variables



GRAFICA 8. Deshidratación de melón a 8.0m/s y temperaturas variables



Al igual que en el banano, las temperaturas utilizadas para los tratamientos de deshidratación del melón son de 63.6°C como máxima y de 29.8°C como mínima esto indica que la tendencia es marcada por la temperatura y no por la velocidad de aire dentro del túnel. Comparando la tabla de valores exponenciales se ve que los coeficientes de correlación R^2 máximo y mínimo corresponden a valores de 0.9896 y 0.6588 respectivamente.

Tabla 14. Valores exponenciales para melón.

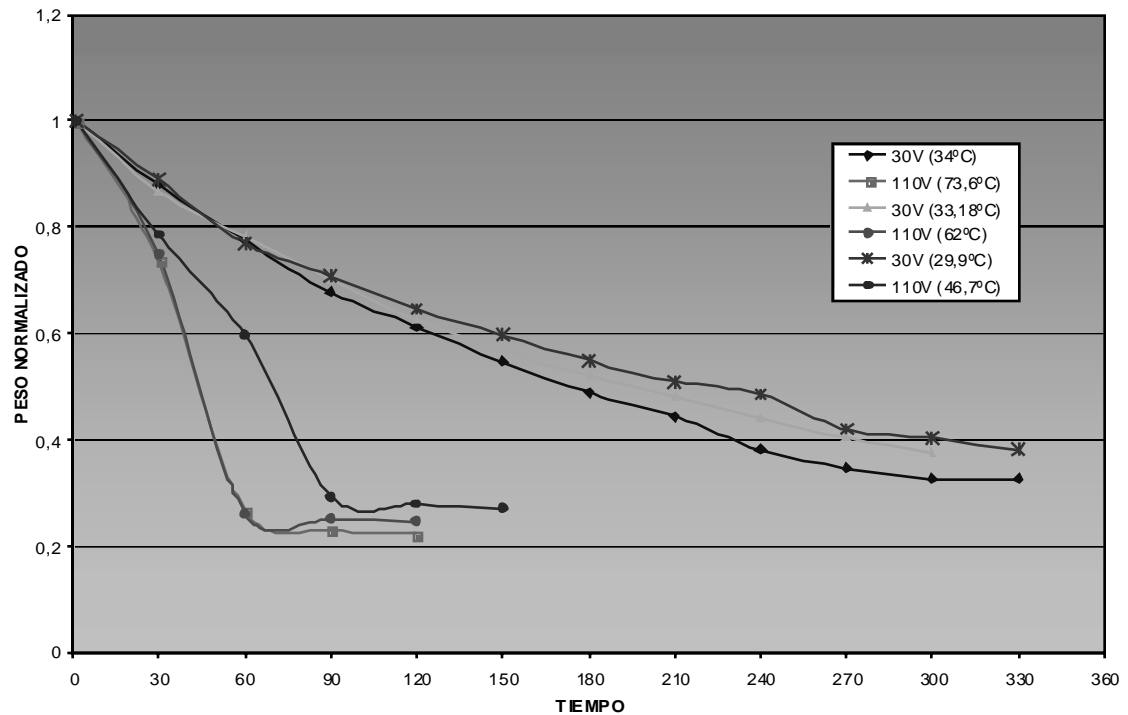
Exponentes melón 2.1m/s			Exponentes melón 3.5m/s			Exponentes melón 8.0m/s		
	b	R^2		b	R^2		b	R^2
30V (32,7°C)	-0,0084	0,9429	30V (31,9°C)	-0,0087	0,9896	30V (29,8°C)	-0,0095	0,9539
50V (45,4°C)	-0,0129	0,9586	50V (41,6°C)	-0,0171	0,9749	50V (36,4°C)	-0,0099	0,9383
70V (58,4°C)	-0,0493	0,9735	70V (47,6°C)	-0,0208	0,9634	70V (42,8°C)	-0,0212	0,9456
90V (63,6°C)	-0,0302	0,9545	90V (58,6°C)	-0,0465	0,9119	90V (43,3°C)	-0,0226	0,9809
110V (58,7°C)	-0,0554	0,8728	110V (57,2°C)	-0,0383	0,6588	110V (49°C)	-0,0261	0,8789

Cuanto más cercano es el valor de b a 0 más rápida es la velocidad de deshidratación.

3.2.3. Comparación de los tratamientos de banano a temperaturas obtenidas con voltajes de 30V y 110V. Las gráficas 9 y 10 comparan las temperaturas extremas de cada uno de los tratamientos a diferentes velocidades de aire para las muestras de banano y melón durante el proceso de deshidratación.

Banano

Al comparar los tratamientos de 30V y 110V (gráfica 9) a todas las velocidades de deshidratación se puede ver como las curvas a 30V muestran ser lentas tanto en su tiempo de deshidratación como en la disminución de humedad de las muestras, difiriendo completamente de las curvas a 110V en donde el proceso es rápido y el tiempo de deshidratación es corto. Así mismo se observan en esta gráfica dos grupos de curvas que se relacionan con las temperaturas, lo cual confirma la observación hecha con anterioridad en donde el efecto de la velocidad de aire no es significativo sobre la velocidad de deshidratación.



GRAFICA 9. Comparación de temperaturas extremas y velocidades de aire variables para banano

Al observar la tabla 15 se observa el comportamiento que se ha explicado anteriormente, en el cual los tratamientos en los que se utilizan temperaturas altas presentan velocidades de deshidratación mayores que en lo que se utilizan temperaturas bajas, todo esto lleva a interpretar que la transferencia de calor marca la tendencia en las gráficas.

Tabla 15. Comparación de valores exponenciales para banano.

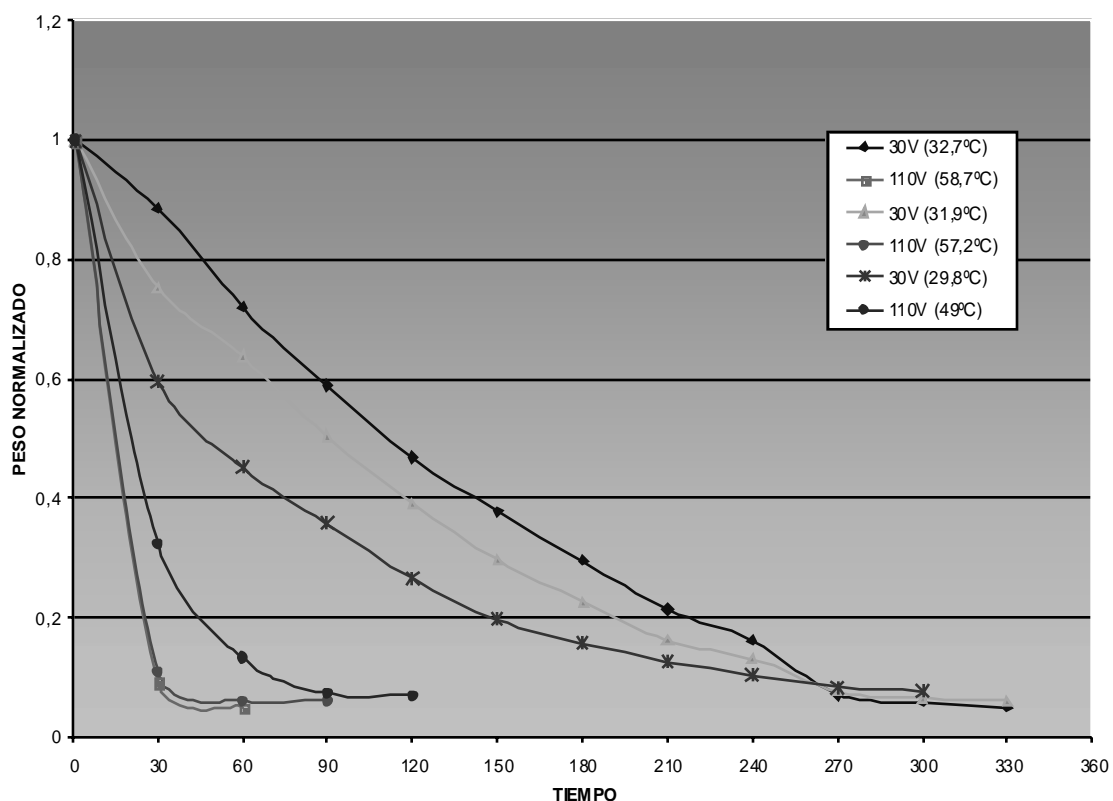
BANANO			
		b	R ²
2.1m/s	30V (34°C)	-0,0038	0,9829
	110V (73,6°C)	-0,0149	0,8505
3.5m/s	30V (33,18°C)	-0,0035	0,985
	110V (62°C)	-0,0142	0,8031
8.0m/s	30V (29,9°C)	-0,0031	0,9704
	110V (46,7°C)	-0,0101	0,9042

Cuanto más cercano es el valor de b a 0 más rápida es la velocidad de deshidratación.

**Melón**

En la gráfica 10 donde se comparan los tratamientos a 30V y 110V con todas las velocidades de aire. Se puede observar que los tratamientos a 30V son lentos y emplean un tiempo prolongado para la deshidratación de las muestras y en los tratamientos a 110V se emplean tiempos cortos y la pérdida de peso de las muestras es rápido y eficaz.

Como se puede confirmar con la tabla 16, las temperaturas bajas representan tiempos de deshidratación largos, mientras que con temperaturas altas estos tiempos se reducen haciendo el proceso más corto. La velocidad del aire no influye sobre los tiempos de deshidratación del producto.



GRAFICA 10. Comparación de temperaturas extremas y velocidades de aire variables para melón.



Las tablas que contienen los datos de estas gráficas se encuentran en el Anexo A.

Tabla 16. Comparación de valores exponenciales para melón.

MELON			
		b	R ²
2.1m/s	30V (32,7°C)	-0,0084	0,9429
	110V (58,7°C)	-0,0554	0,8728
3.5m/s	30V (31,9°C)	-0,0087	0,9896
	110V (57,2°C)	-0,0383	0,6588
8.0m/s	30V (29,8°C)	-0,0095	0,9539
	110V (49°C)	-0,0261	0,8789

Cuanto más cercano es el valor de b a 0 más rápida es la velocidad de deshidratación.

3.3. GRAFICAS DE VELOCIDAD DE DESHIDRATACION

En estas gráficas se puede apreciar el periodo de velocidad decreciente, al compararlas con las gráficas 3 a la 10 se confirma que no existen periodos de velocidad constante ya que proceso de deshidratación se inicia desde cero; es decir; el equipo se inicia en el momento que ingresa el producto a este y se emplean las condiciones explicadas en el capítulo 2 de materiales y métodos.

Para la construcción de estas graficas se emplean las fomulas:

$$\text{HUMEDAD (Base seca)} = \frac{W_m}{W_i}$$

$$\text{VELOCIDAD DE DESHIDRATACION} = \frac{W_{BS}}{A} * \frac{W_1 - W_2}{t_2 - t_1}$$

Donde:

W_m = Peso de muestra

W_{BS} = Peso en base seca de la muestra inicial

W_i = Peso inicial

A = Área superficial de deshidratación

W_1 = Peso de muestra 1

W_2 = Peso de muestra 2

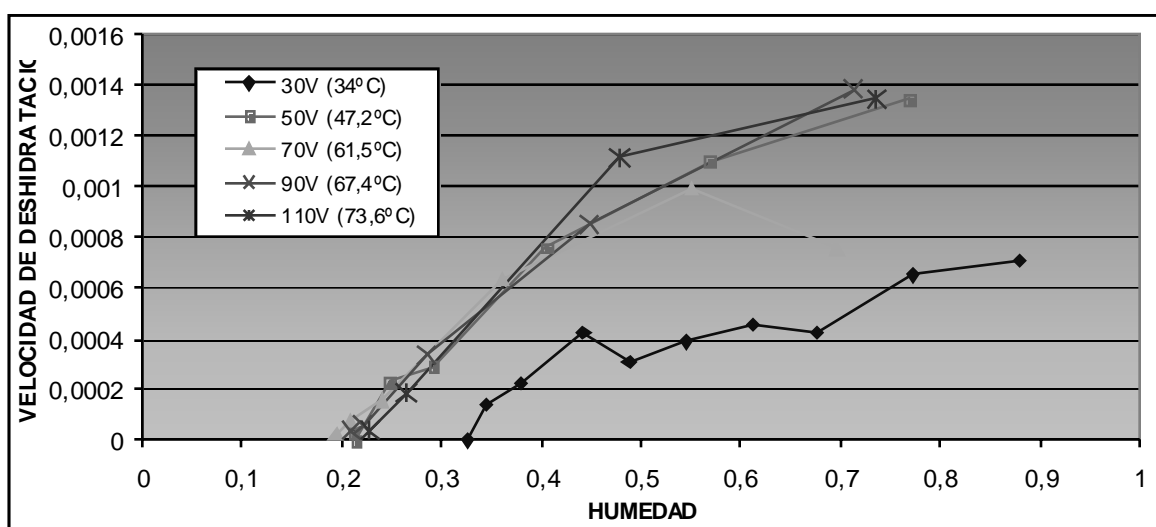
t_1 = Tiempo 1

t_2 = Tiempo

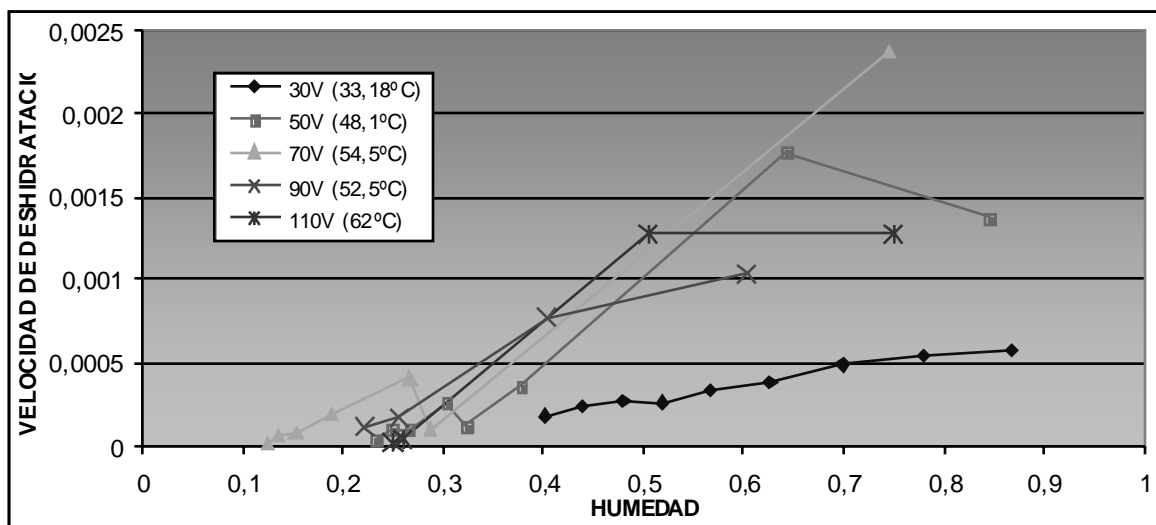


3.3.1. Graficas de velocidad de deshidratación para banano. En las graficas 11 a 13 se observan velocidades de deshidratación irregulares para los tratamientos de bajas temperaturas, sin presentarse periodos de velocidad constante. Se observa que los tratamientos a temperaturas elevadas presentan una velocidad de deshidratación más rápida que los tratamientos a temperaturas bajas.

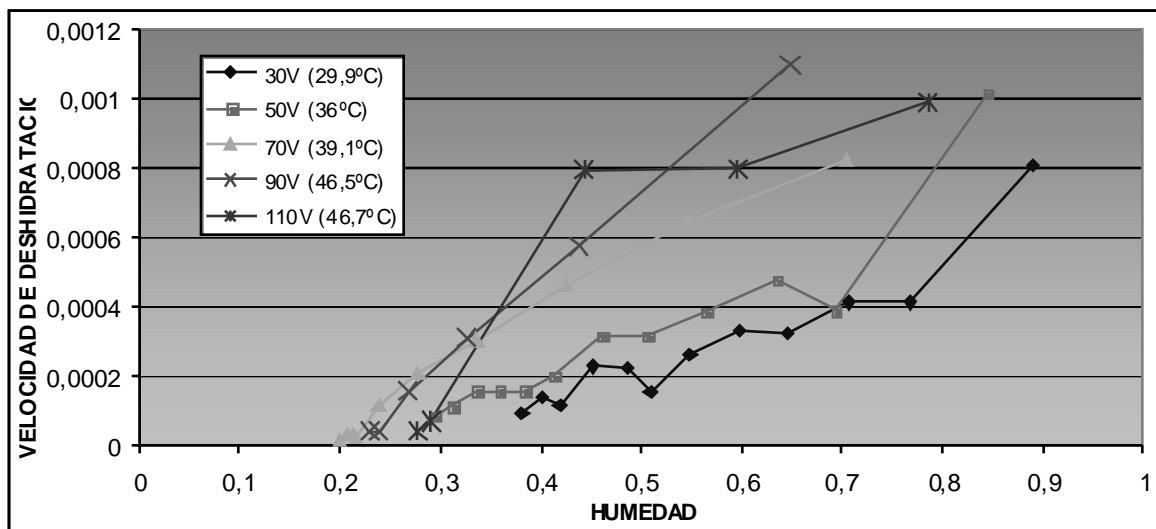
Para estos tratamientos se reporta que la temperatura máxima es de 73.6°C y la temperatura mínima es de 29.9°C



GRAFICA 11. Velocidad de deshidratación para banano a 2.1m/s.

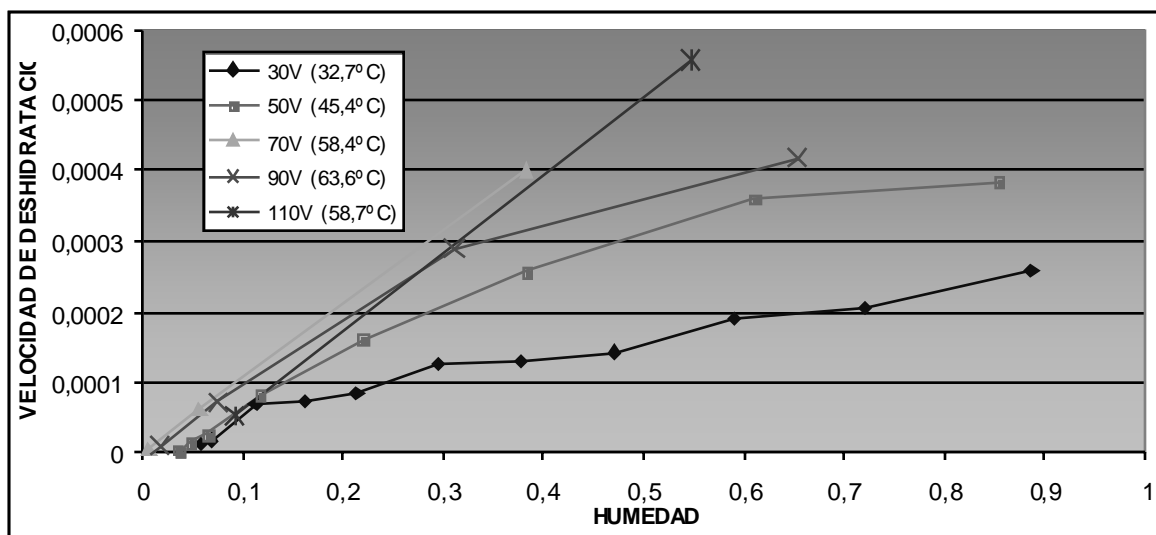


GRAFICA 12. Velocidad de deshidratación para banano a 3.5m/s.

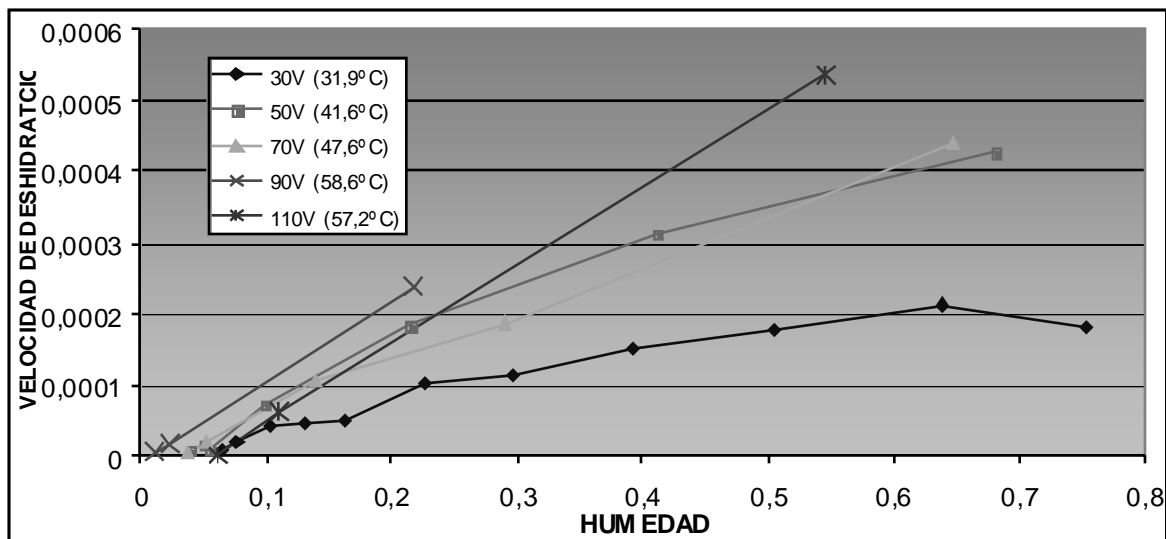


GRAFICA 13. Velocidad de deshidratación para banano a 8.0m/s.

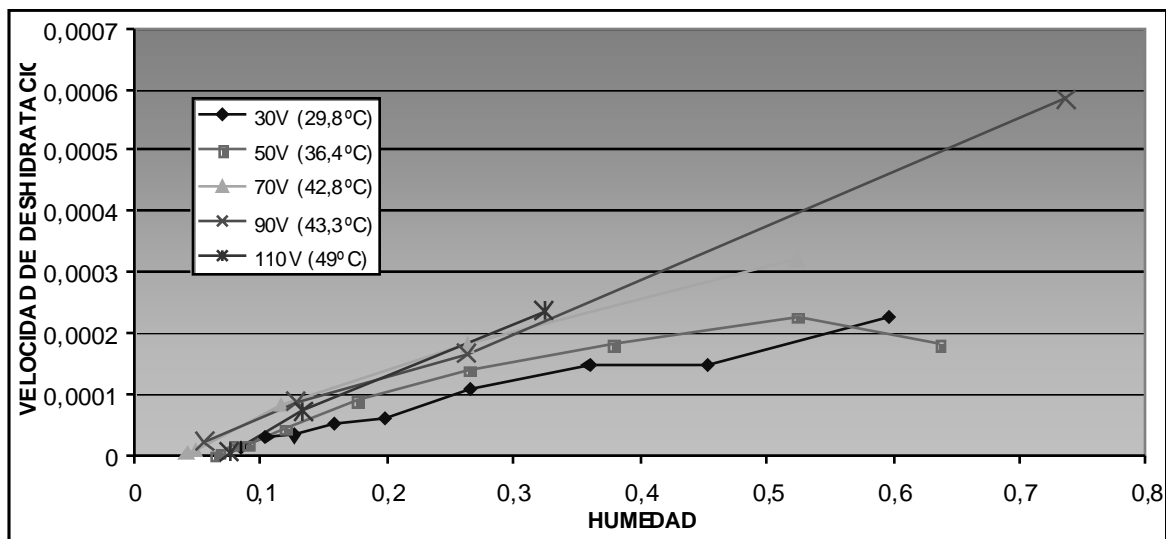
3.3.2. Graficas de velocidad de deshidratación para melón. En las graficas 14 a 16 se ve una similitud con las graficas obtenidas de los tratamientos de banano, esto es, para temperaturas altas se observan velocidades de deshidratación rápidas, mientras que para temperaturas bajas las velocidades de deshidratación son lentas. Para estos tratamientos se tiene como temperatura máxima 63.3°C y como temperatura mínima 29.8°C.



GRAFICA 14. Velocidad de deshidratación para melón a 2.1m/s.

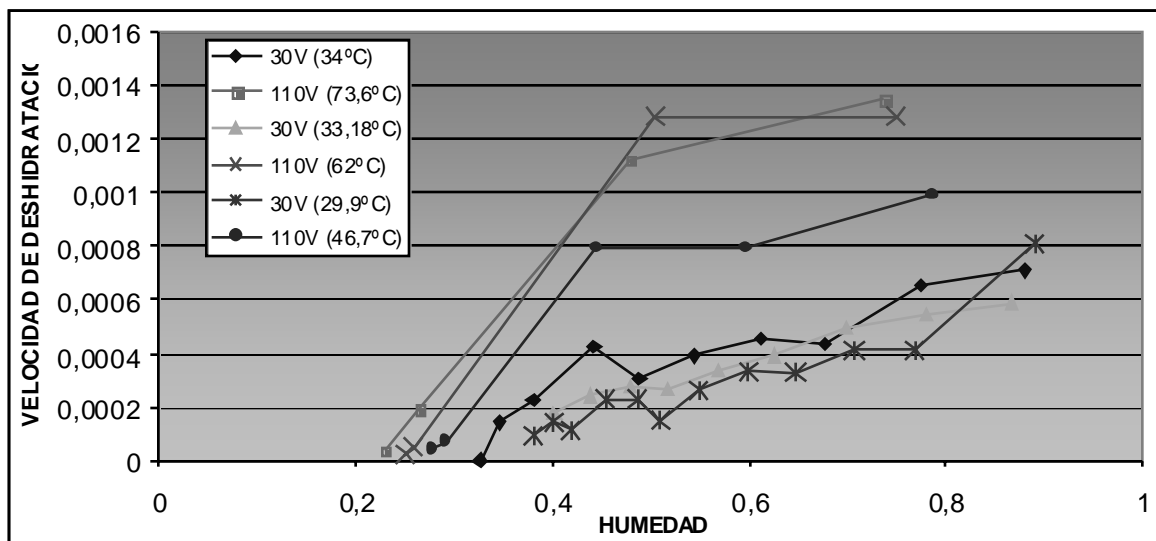


GRAFICA 15. Velocidad de deshidratación para melón a 3.5m/s.

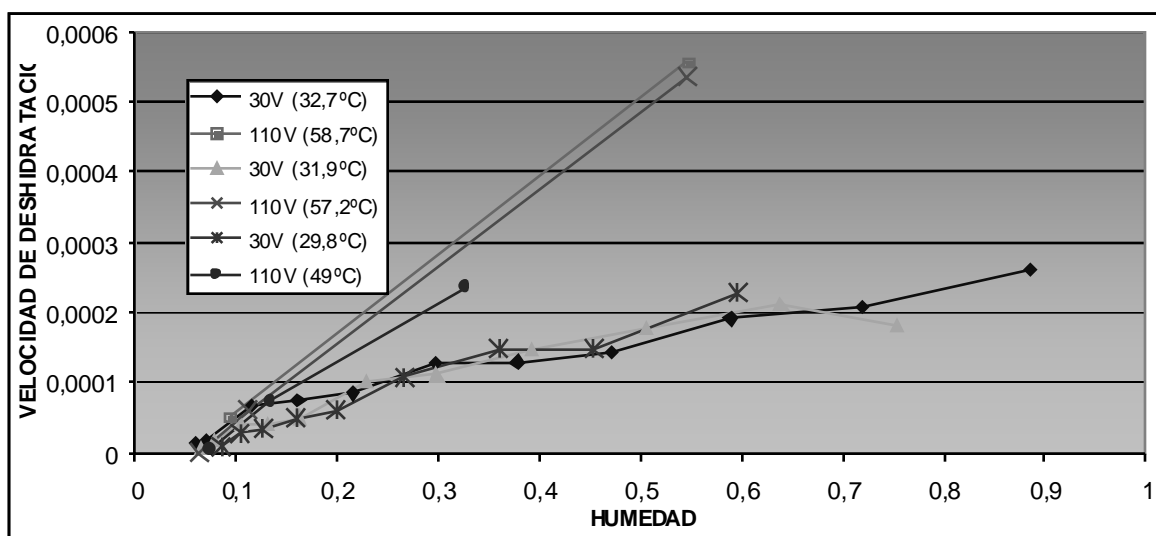


GRAFICA 16. Velocidad de deshidratación para melón a 8.0m/s.

3.3.3. Comparación de los tratamientos de banano a temperaturas obtenidas con voltajes de 30V y 110V. En las graficas 17 y 18 se observa como las curvas se dividen en dos grupos, las de temperaturas altas y las de temperaturas bajas. En la zona alta de las graficas se encuentran las curvas de altas temperaturas, mientras que en la parte baja de las graficas se encuentran las curvas de bajas temperaturas.



GRAFICA 17. Comparación de temperaturas extremas y velocidades de aire variables para banana



GRAFICA 18. Comparación de temperaturas extremas y velocidades de aire variables para melón

La construcción de las graficas 11 a 18 se explica en el Anexo B.



3.4. ANALISIS DE COLOR

La tabla 17 recoge las condiciones iniciales de color para los tejidos mesocarpico y vascular del banano y el tejido mesocarpico del melón.

Tabla 17. Condiciones iniciales de color del banano y el melón

PARTE DEL BANANO	L	a	b	PARTE DEL MELON	L	a	b
Tejido mesocarpico	65,775	14,212	64,440	Tejido mesocarpico	63,025	24,451	66,166
Tejido vascular	52,951	22,200	59,520				

L= Luz, a= eje rojo-verde, b= eje amarillo-azul

En esta sección se analiza el efecto de las variables temperatura y velocidad del aire sobre el color de muestras de banano y melón. Se buscan tendencias en la temperatura, la velocidad del aire y el porcentaje de humedad de las muestras.

Los datos experimentales traducidos al sistema de coordenadas CIELab se encuentran en el Anexo C. El análisis estadístico (prueba de Tukey) para detectar diferencias significativas arrojó los resultados que también se pueden observar en el Anexo C, allí se comparó la muestra inicial con cada una de las muestras en diferentes tiempos de proceso. Los datos resaltados con color rojo muestran los puntos en los que se presentan diferencias estadísticamente significativas. Los cuadros 4 a 6 resumen las tendencias observadas. En estas tablas se encuentra una simbología que representa la tendencia del color en cada una de las muestras. Estos símbolos representan:

Cuadro 3. Tendencia del color^{*}

0	No hay Cambio
+	Tendencia positiva
-	Tendencia negativa

^{*} Esta tendencia representa los cambios de color que se explican en el cuadro 1, pagina 36.



Así mismo las fotografías 1 a la 12 dan una idea de los cambios observados durante el tratamiento de las frutas en diferentes condiciones (ver páginas 58 y 59).

3.4.1. Análisis de color del banano: tejido mesocarpico de la rodaja. En el cuadro 4 se observan los cambios ocurridos en los diferentes tratamientos. Estos datos fueron obtenidos de las fotografías digitales que se encuentran en el Anexo D. Se aprecia una tendencia creciente de la coordenada “a” es decir las muestras tienden a enrojecer durante la deshidratación, esta tendencia era la esperada, debido a que el banano no se sometió a ningún pretratamiento que inhibiera procesos de oxidación⁸. Se observa en el Cuadro 4 que los cambios de color se detectan en muestras cuya humedad es 55% base húmeda o inferior.

Aunque en algunos pocos tratamientos no se evidencian cambios de color la tendencia general de las muestras es presentar un color rojizo sobre su superficie, tal como se puede observar en las fotografías 1 a la 6.

Así mismo en el Cuadro 4 se vislumbra una tendencia en las etapas de aparición de diferencias de color pues los cambios que se presentan en contenidos de humedad más altos concuerdan con los tratamientos de mayor velocidad de aire.

Lo anterior podría estar relacionado con la oxidación de las muestras ya que las que estuvieron en contacto con velocidades de aire de 8.0 m/s, presentaron los cambios cuando tenían mayor contenido de humedad.

⁸ BARBOSA, C. Gustavo y VEGA MERCADO Humberto. Deshidratación de alimentos, Zaragoza, España. Ed Acibía, 2000.



CUADRO 4. Cambios de color observados en el tejido mesocarpico del banano en diferentes tratamientos.

BANANO					
TRATAMIENTO		CAMBIO DE COLOR			%HUMEDAD EN LA MUESTRA SECA
VELOCIDAD DEL AIRE.	TEMPERATURA	L	a	b	
2.1m/s	61.5°C	0	+	0	29.32
2.1m/s	67.4°C	0	+	0	28.38
2.1m/s	73.6°C	0	+	0	25.42
3.5m/s	33.2°C	0	0	0	0
3.5m/s	48.1°C	0	0	0	0
3.5m/s	54.4°C	0	+	0	11.69
3.5m/s	52.5°C	0	0	0	0
3.5m/s	62°C	0	+	+	37.59
8.0m/s	29.9°C	-	+	0	54.52
8.0m/s	36°C	-	+	-	46.75
8.0m/s	39.1°C	0	0	+	32.83
8.0m/s	46.5°C	0	+	0	42.53
8.0m/s	46.7°C	0	+	0	43.51

El porcentaje de humedad se refiere al contenido en el cual se detectó el primer cambio de color.

L= Luz, a= eje rojo-verde, b= eje amarillo-azul

3.4.2. Análisis de color del banano: tejido vascular de la rodaja. En el Cuadro 5 se observan los cambios que presenta el centro del banano en los diferentes tratamientos. Estos datos fueron obtenidos de las fotografías digitales que se encuentran en el Anexo D. Como se ve en la Tabla se presenta un oscurecimiento del centro del banano (ver coordenada L y fotografías 1 a 6) también hay una tendencia a la concentración de tonalidad azul en esta zona de las muestras durante el proceso de deshidratación. Las fotografías 1 a 6 muestran como la disminución del tamaño de la muestra hace que la parte central oscurezca

Estos cambios se registran en las muestras desde humedades del 78% base humedad, lo cual muestra la agresividad del método de deshidratación por aire



caliente con respecto a la forma y al color del banano. También se puede apreciar que no en todas las muestras se presenta un cambio detectable estadísticamente en oscurecimiento, pero en todas se ve una tendencia a la tonalidad azul.

CUADRO 5. Cambios en el color del tejido vascular del banano a diferentes tratamientos.

BANANO CENTRO					
TRATAMIENTO		CAMBIO DE COLOR			%HUMEDAD EN LA MUESTRA SECA*
VELOCIDAD DEL AIRE	TEMPERATURA	L	a	b	
2.1m/s	61.5°C	0	+	-	74.44
2.1m/s	67.4°C	0	+	-	41.86
2.1m/s	73.6°C	-	+	-	34.40
3.5m/s	33.2°C	0	0	-	75.63
3.5m/s	48.1°C	-	0	-	77.56
3.5m/s	54.4°C	0	0	-	45.69
3.5m/s	52.5°C	-	0	-	71.76
3.5m/s	62°C	-	+	-	37.59
8.0m/s	29.9°C	-	0	-	69.13
8.0m/s	36°C	-	0	-	71.10
8.0m/s	39.1°C	-	0	-	31.86
8.0m/s	46.5°C	-	+	-	73.56
8.0m/s	46.7°C	-	0	-	46.48

*El porcentaje de humedad se refiere al contenido en el cual se detectó el cambio de color.

L= Luz, a= eje rojo-verde, b= eje amarillo-azul

Para esta zona del banano no se presentan relaciones destacables en cuanto a la aparición de colores con respecto a la velocidad del aire, es decir en general cualquier velocidad tiende a favorecer oscurecimiento y aumento en la tonalidad azul del centro de las rodajas de banano. Así mismo los contenidos de humedad más altos se presentan en los tratamientos en los que fueron empleadas temperaturas intermedias, para lo cual no se tiene explicación alguna hasta el momento.



3.4.3 Análisis de color del melón. Al observar el Cuadro 6 se ve con claridad que para el melón no presentan cambios representativos en su color durante los diferentes tratamientos, es por esto que los datos de humedad aparecen como 0 pues no se logró detectar un cambio antes de detener el proceso.

CUADRO 6. Cambio en el color del melón a diferentes tratamientos.

MELON					
TRATAMIENTO		CAMBIO DE COLOR			%HUMEDAD EN LA MUESTRA SECA*
VELOCIDAD DEL AIRE	TEMPERATURA	L	a	b	
2.1m/s	32.7°C	0	0	0	0
2.1m/s	45.4°C	0	0	+	61.34
2.1m/s	58.4°C	0	0	0	0
2.1m/s	63.6°C	0	0	0	0
2.1m/s	58.7°C	0	0	0	0
3.5m/s	31.9°C	0	0	0	0
3.5m/s	41.6°C	0	+	0	86.01
3.5m/s	47.6°C	+	0	+	67.56
3.5m/s	58.6°C	0	0	+	67.37
3.5m/s	57.2°C	0	0	0	0
8.0m/s	29.8°C	0	0	0	0
8.0m/s	36.4°C	0	0	0	0
8.0m/s	42.8°C	-	0	-	71.67
8.0m/s	43.3°C	0	0	0	0
8.0m/s	49°C	0	0	0	0

*El porcentaje de humedad se refiere al contenido en el cual se detectó el cambio de color.

L= Luz, a= eje rojo-verde, b= eje amarillo-azul

Los pocos cambios detectados instrumentalmente no muestran tendencias claras con lo que se puede concluir que los cambios observados por el consumidor de productos deshidratados se deben más a cambios en textura y de tamaño más no de color tal como se evidencia en las fotografías completas de la deshidratación en el Anexo E.

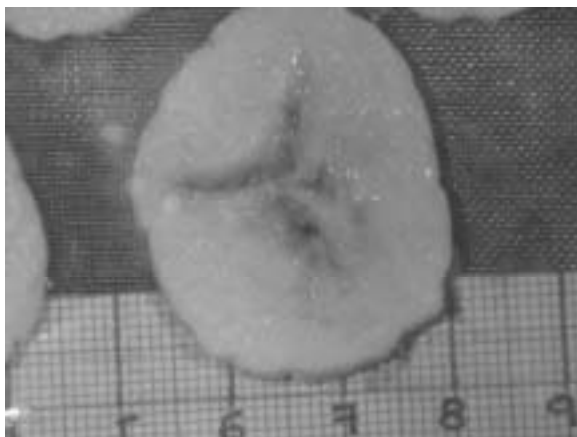


FOTO 1. Banano a 2.1m/s, 61.5°C y 0 min.

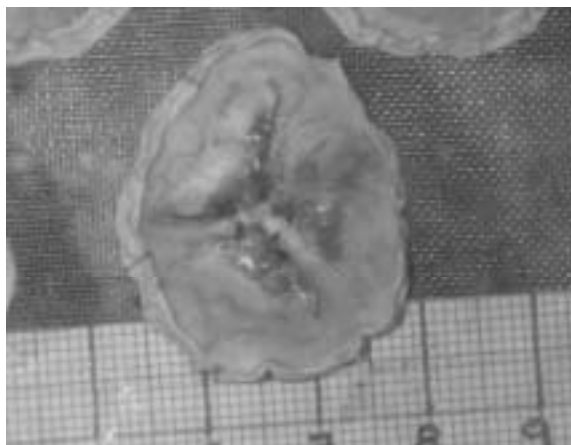


FOTO 2. Banano a 2.1m/s, 61.5°C y 210 min.

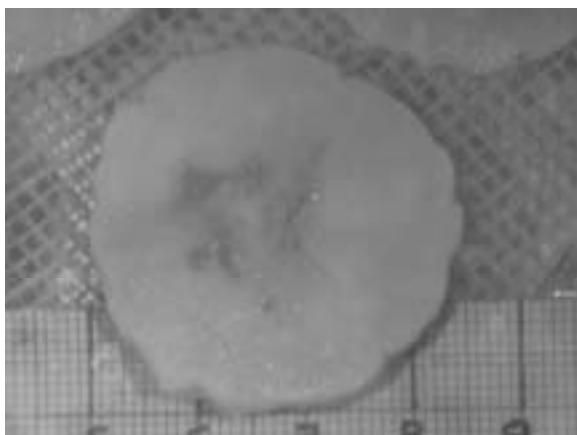


FOTO 3. Banano a 3.5m/s, 33.18°C y 0 min.

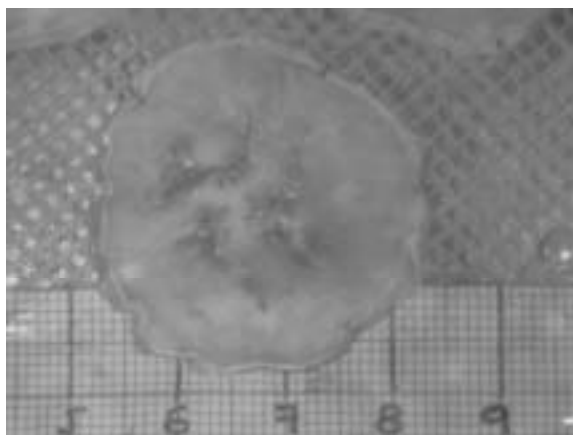


FOTO 4. Banano a 3.5m/s, 33.18°C y 300min.

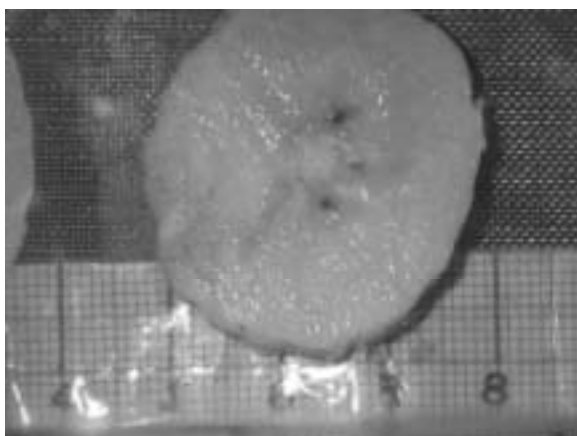


FOTO 5. Banano a 8.0m/s, 46.5°C y 0 min.



FOTO 6. Banano a 8.0m/s, 46.5°C y 210 min.

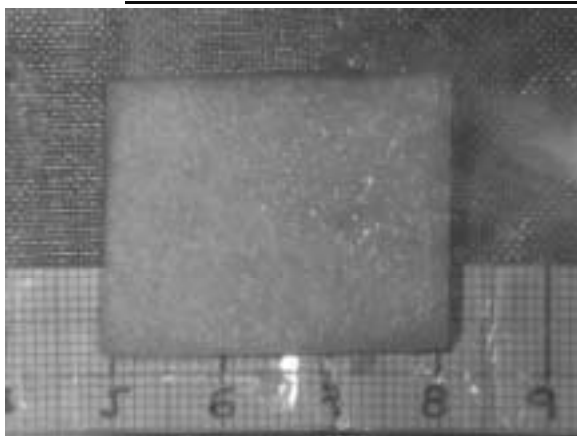


FOTO 7. Melón a 2.1m/s, 58.4°C y 0 min.

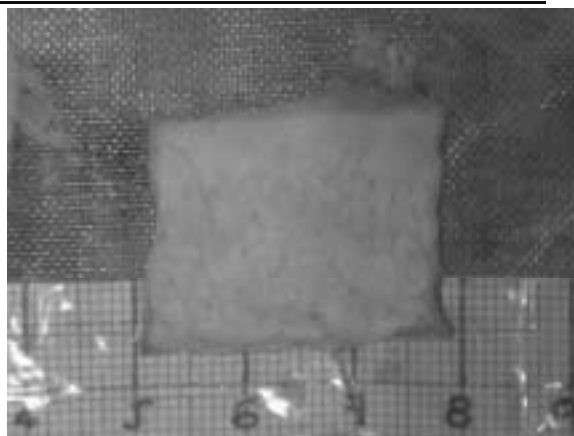


FOTO 8. Melón a 2.1m/s, 58.4°C y 120 min.

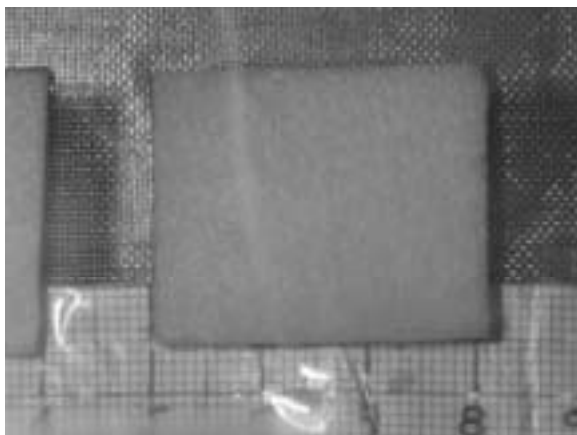


FOTO 9. Melón a 3.5m/s, 57.2°C y 0 min.

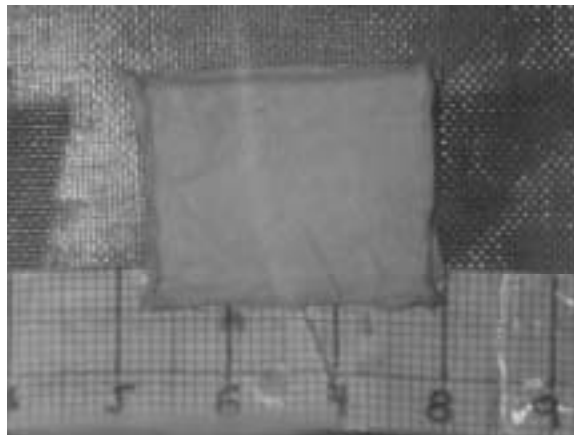


FOTO 10. Melón a 3.5m/s, 57.2°C y 60 min.

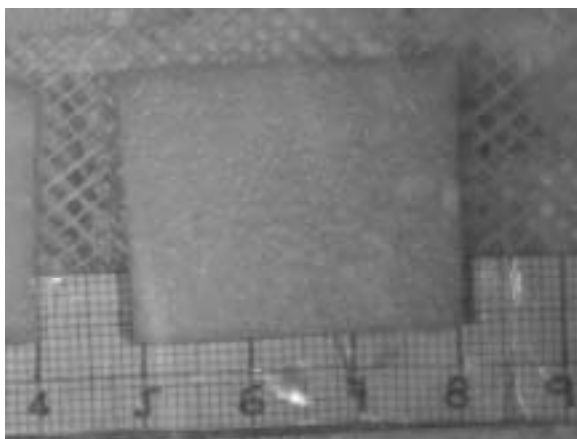


FOTO 11. Melón a 8.0m/s, 36.4°C y 0 min.

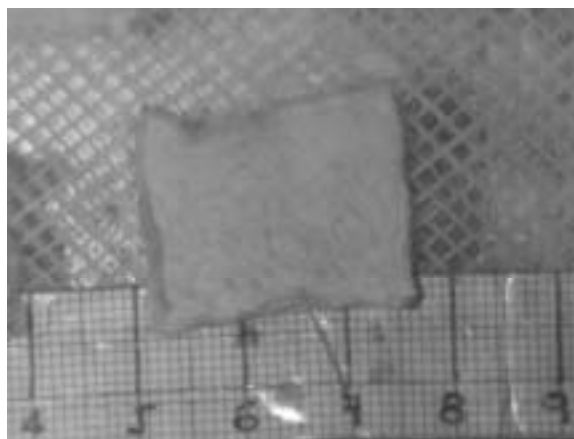


FOTO 12. Melón a 8.0m/s, 36.4°C y 330 min.



3.5. ANALISIS DE TEXTURA

Para realizar las gráficas 19 y 20 se utilizan los datos de fuerza máxima obtenidos empleando el texturometro (*Stable Micro System TA-XT2*) para fracturar la muestra. Estas pruebas se realizan para cada una de las muestras obtenidas de los tratamientos de deshidratación realizados para banano y melón.

Las tablas donde se referencian los valores de fuerza máxima se pueden observar en el Anexo F.

3.5.1. Textura de banano. En la tabla 18 se reúnen los datos de textura encontrados en el banano antes de iniciar el proceso de deshidratación.

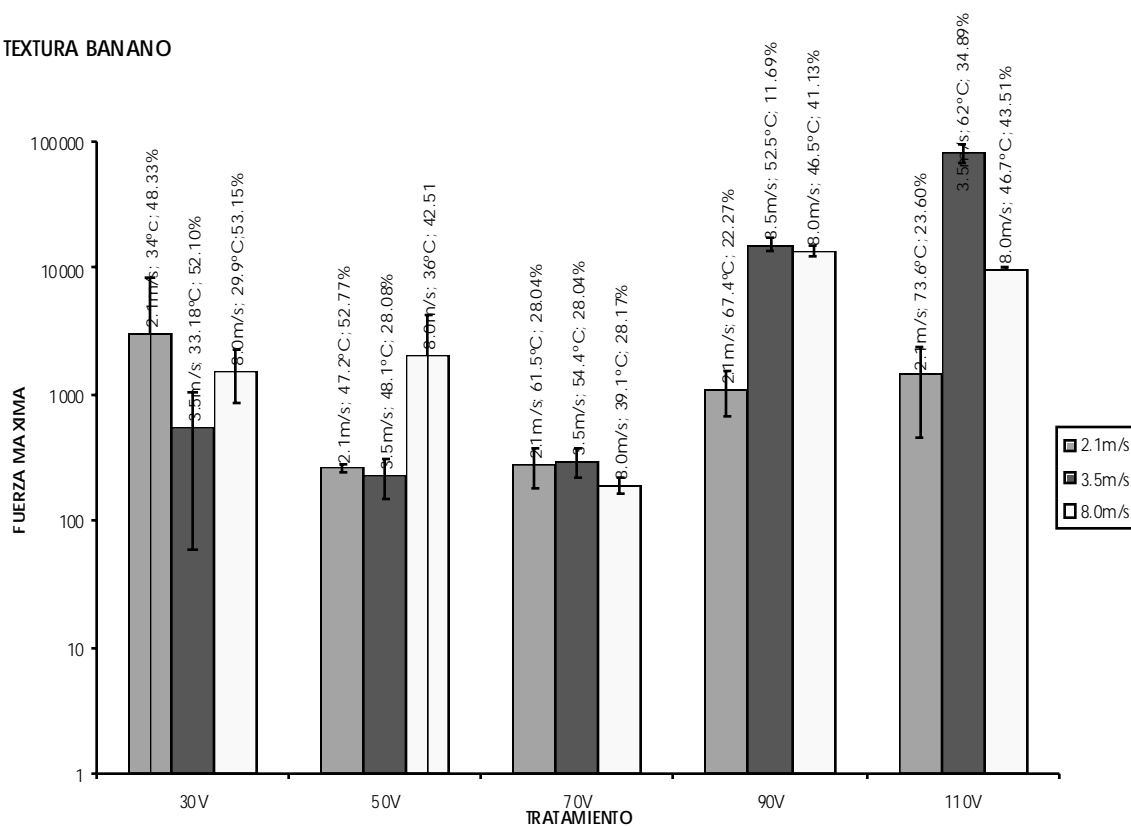
Tabla 18. Textura inicial del banano

	PROMEDIOS DE FUERZA				
	29.9°C-34°C	36°C- 48.1°C	39.1°C-61.5°C	46.5°C-67.4°C	46.7°C-73.6°C
2.1m/s	3102,6	261,3	278,5	1083,033	1435,667
3.5m/s	550,6667	233,3	296,8667	15451,07	80721,7
8.0m/s	1561,1	2093,367	192,4667	13761,43	9963,567

La gráfica 19 muestra los valores de fuerza máxima empleadas para fracturar el banano deshidratado. Se puede ver que en los dos últimos tratamientos los valores son superiores a 10000 gr indicando que por el alto voltaje empleado para calentar el aire dentro del túnel y por las altas velocidades evidenciadas en las tablas del Anexo F se presentan encostramientos en la superficie del banano.



TEXTURA BANANO



GRAFICA 19. Fuerza máxima para banana

Al presentarse este fenómeno la lectura de la fuerza máxima se aumenta y se obtienen altas medidas de textura a en muestras con humedades altas lo cual evidencia la no conveniencia de este tipo de temperaturas para la obtención de un producto de calidad.

3.5.2. Textura de melón. En la tabla 19 se encuentran los datos de textura del melón antes del proceso de deshidratación.

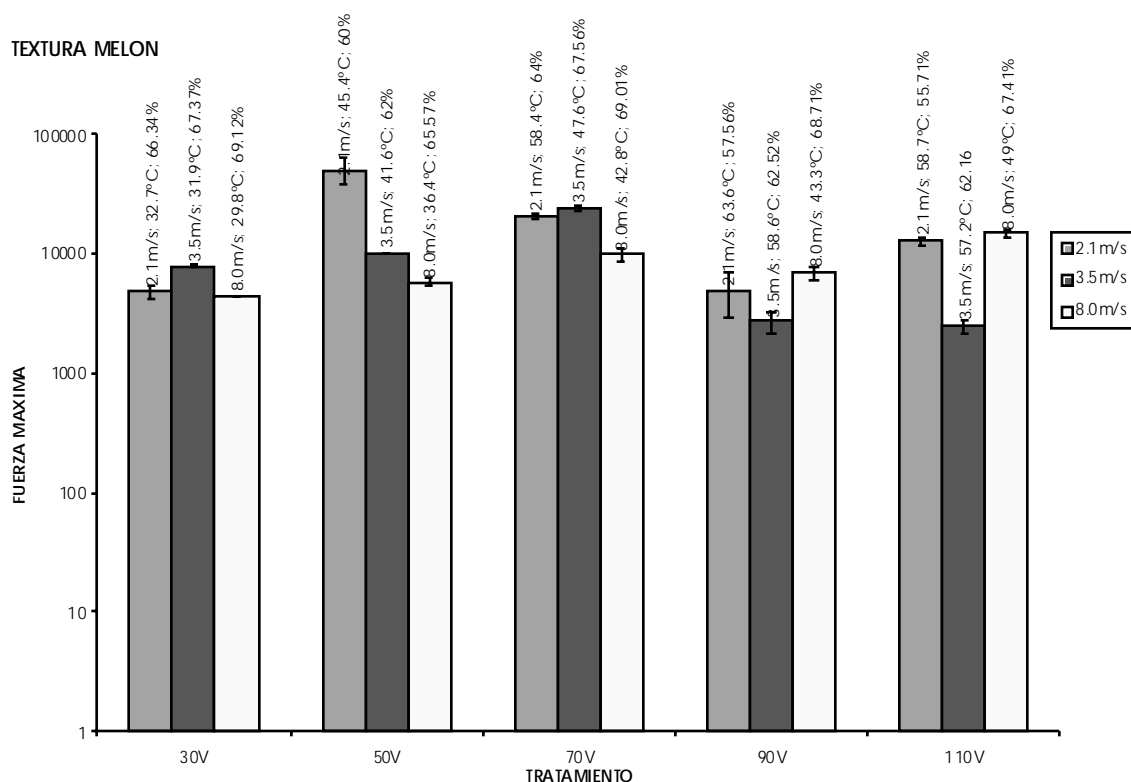
En la gráfica 20 se pueden observar los valores de fuerza máxima aplicados a las muestras secas de melón. Esta representación muestra valores similares para cada uno de los tratamientos, teniendo en cuenta que los porcentajes de humedad



de las muestras son altos y que no se ven afectadas por el voltaje empleado para calentar el aire dentro del túnel.

Tabla 19. Textura inicial del melón

	PROMEDIOS DE FUERZA				
	29.8°C-32.7°C	36.4°C-45.4°C	42.8°C-58.4°C	43.3°C-63.6°C	49°C-58.7°C
2.1m/s	4836,5	50093,03	20438,93	4940,2	12929,7
3.5m/s	7818,5333	9989,633	24175,03	2728,267	2477,567
8.0m/s	4411,4	5829,5	9861,3	6975,767	14753,13



GRAFICA 20. Fuerza máxima para melón.

En este caso no se evidencia el fenómeno de encostramiento aunque se observan muestras que no completaron el ciclo de deshidratación.



3.6. ACTIVIDAD DE AGUA

Los valores iniciales de actividad de agua para el banano y el melón se resumen en la tabla 20.

Tabla 20. Actividad de agua inicial del banano y el melón

BANANO FRESCO		MELON FRESCO	
MUESTRA 1	0,908	MUESTRA 1	0,931

Para el banano, la actividad de agua indica una deshidratación incompleta principalmente en los tratamientos en los que se aplican temperaturas bajas. También se puede ver que a causa de los encostramientos producidos en la superficie del alimento, la actividad de agua no se redujo, esto indica que el proceso de deshidratación del banano no se terminó correctamente como se ve en el cuadro 7.

Cuadro 7. Datos promediados de actividad de agua del banano para cada tratamiento

BANANO 2.1 m/s 34°C		BANANO 2.1 m/s 47.2°C		BANANO 2.1 m/s 61.5°C		BANANO 2.1 m/s 67.4°C		BANANO 2.1 m/s 73.6°C	
PROMEDIO	0,443	PROMEDIO	0,335	PROMEDIO	0,298	PROMEDIO	0,194	PROMEDIO	0,244
BANANO 3.5 m/s 33.18°C		BANANO 3.5 m/s 48.1°C		BANANO 3.5 m/s 54.5°C		BANANO 3.5 m/s 52.5°C		BANANO 3.5 m/s 62°C	
PROMEDIO	0,629	PROMEDIO	0,286	PROMEDIO	0,216	PROMEDIO	0,365	PROMEDIO	0,254
BANANO 8.0 m/s 29.9°C		BANANO 8.0 m/s 36°C		BANANO 8.0 m/s 39.1°C		BANANO 8.0 m/s 46.5°C		BANANO 8.0 m/s 46.7°C	
PROMEDIO	0,403	PROMEDIO	0,425	PROMEDIO	0,436	PROMEDIO	0,389	PROMEDIO	0,266

En el melón la actividad de agua es alta para las muestras de todos los tratamientos. Esto indica que los tiempos de deshidratación son insuficientes para este tipo de alimento, en el cuadro 8 se aprecian los contenidos de humedad finales para las muestras de los diferentes tratamientos.



Cuadro 8. Datos promediados de actividad de agua del melón para cada tratamiento

MELON 2.1m/s 32.7°C		MELON 2.1m/s 45.4°C		MELON 2.1m/s 58.4°C		MELON 2.1m/s 63.6°C		MELON 2.1m/s 58.7°C	
PROMEDIO	0,369	PROMEDIO	0,304	PROMEDIO	0,268	PROMEDIO	0,315	PROMEDIO	0,300
MELON 3.5m/s 31.9°C		MELON 3.5m/s 41.6°C		MELON 3.5m/s 47.6°C		MELON 3.5m/s 58.6°C		MELON 3.5m/s 57.2°C	
PROMEDIO	0,386	PROMEDIO	0,314	PROMEDIO	0,345	PROMEDIO	0,306	PROMEDIO	0,295
MELON 8.0m/s 29.8°C		MELON 8.0m/s 36.4°C		MELON 8.0m/s 42.8°C		MELON 8.0m/s 43.3°C		MELON 8.0m/s 49°C	
PROMEDIO	0,385	PROMEDIO	0,300	PROMEDIO	0,289	PROMEDIO	0,384	PROMEDIO	0,353



CONCLUSIONES

Existe una relación directa entre la velocidad de deshidratación de banano y melón y la temperatura del aire en el túnel, sin ser un factor determinante en el proceso de deshidratación la velocidad del aire como se ve en las graficas comparativas 9 y 10 en donde se ve como el producto es afectado por la temperatura y la transferencia de calor del aire.

Los cambios de color se presentan en el banano, cuando los contenidos de humedad de las muestras finales son altos, observándose enrojecimientos y oscurecimientos de la superficie de este, también se observa un incremento de la tonalidad azul en el tejido vascular de las muestras. Esto indica que todas las temperaturas y las velocidades de aire utilizadas si afectan estadísticamente el color de las muestras analizadas.

Se observó que en todos los tratamientos las muestras de banano al perder humedad reducen su tamaño y cambian de color, en cambio para las muestras de melón la variación en el color es insignificante aunque hay reducción de tamaño.

Las medidas de textura obtenidas de las muestras de banano y melón no son concluyentes, ya que se presentaron grandes variaciones debido a encostramientos que dificultaron la reducción de la humedad de las muestras.



RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo de grado se recomiendan las siguientes actividades:

- Implementar el sistema de análisis de color digital en pruebas de control de calidad, ya que este procedimiento no requiere de inversión en reactivos u otros equipos para su desarrollo y detecta cambios cuantificables en la calidad del producto final.
- Para lograr productos deshidratados de baja humedad (menor 10%) y para evitar el encostramiento de las muestras, se recomienda utilizar bajas velocidades de aire (inferior a 3,5 m/s) y temperaturas no superiores a los 50°C. Aunque es importante revisar el análisis microbiológico final de las muestras ya que bajas temperaturas y bajas velocidades de aire pueden favorecer la contaminación.



BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, C. Gustavo y VEGA MERCADO Humberto. Deshidratación de alimentos, Zaragoza, España. Ed Acribia, 2000.
- BEJARANO SIERRA Sonia Marcela y MORALES SUÁREZ Maria Viviana. Estudio de la influencia de diferentes perfiles de variación de temperatura de aire sobre las propiedades físicas del banano. Chía 2005. 102p. Trabajo de grado (Ingeniero de Producción Agroindustrial). Facultad de Ingeniería. Universidad de la Sabana.
- Colomodels, architectures [online] Francia 2004. [Febrero 3 de 2006] <http://www.colomodels.com/imatges/cielab.cat.jpg>
- DOVE, Brent, (UTHSCSA) Image tool [online] Texas, Estados Unidos 2002. [Agosto 2005] <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>
- EARLE, R. L. Ingeniería de los alimentos, Zaragoza, España. Ed. Acribia 1988.
- EFG. [online], Estados Unidos 2000. [Agosto 2005] <http://www.efg2.com/lab/library/color/science.htm>
www.colorpro.com
www.munsell.com/download.htm
- FELLOWS, P. Tecnología del procesado de los alimentos, Zaragoza, España. Ed Acribia, 1999.
- Fotonostra, teoría del color [online], España 2002. [Febrero 3 de 2006] <http://www.fotonostra.com/grafico/teoria/color.htm>
- INFOAGRO, El cultivo de plátano [online], España, 2003, [Febrero 3 de 2006] http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- INFOAGRO, El cultivo de melón [online], España, 2003, [Febrero 3 de 2006] http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm
- MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos, 2ª edición, Méjico, Ed Limusa, 2004.



- PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico, 7^{ma} Edición. Vol. 2, Madrid, España. Ed. McGraw Hill, 2001.
- POTTER, Norman N y HOTCHKISS, Joseph H. Ciencia de los alimentos, Zaragoza, España. Ed. Acribia, 1995,
- ROSENTHAL, Andrew J. Textura de los alimentos, Zaragoza, España. Ed. Acribia, 2001.
- ROUDOT, Alain-Claude. Reología y análisis de la textura de los alimentos, Zaragoza, España. Ed. Acribia, 2004.
- SINGH, R. Paul, Introducción a la ingeniería de los alimentos, Ed Acribia, Zaragoza 1998.

**ANEXO A**

TABLAS PERDIDA DE PESO BANANO Y MELON

TABLA 1. Banano 2.1m/s

TRAT	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
30V (34°C)	1	0,87947	0,77385	0,67675	0,61286	0,54514	0,48765	0,4425	0,37947	0,34625	0,32538	0,32496
50V (47,2°C)	1	0,76905	0,56839	0,40511	0,29153	0,21297	0,21249	0,20823				
70V (61,5°C)	1	0,69661	0,55166	0,3616	0,23978	0,20933	0,19545	0,19082				
90V (67,4°C)	1	0,71324	0,44823	0,28571	0,22123	0,20944	0,20236					
110V (73,6°C)	1	0,73659	0,26529	0,22908	0,22183							

TABLA 2. Banano 3.5m/s

TRAT	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
30V (33,18°C)	1	0,86771	0,78032	0,69905	0,62542	0,56767	0,51818	0,47968	0,43844	0,40208	0,37519
50V (48,1°C)	1	0,8452	0,64093	0,37758	0,30391	0,26548	0,23345	0,22705			
70V (54,5°C)	1	0,74301	0,28877	0,26805	0,19033	0,15302	0,12435	0,12124			
90V (52,5°C)	1	0,60362	0,40381	0,25558	0,22212	0,20121					
110V (62°C)	1	0,74965	0,25962	0,25035	0,24618						

TABLA 3. Banano 8.0m/s

TRAT	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
30V (29,9°C)	1	0,8891	0,76856	0,70736	0,64585	0,5977	0,548	0,50885	0,48649	0,41907	0,4023	0,38117	0,36719
50V (36°C)	1	0,84354	0,69268	0,6348	0,56348	0,50635	0,45967	0,41299	0,38275	0,35922	0,31217	0,29537	0,2823
70V (39,1°C)	1	0,7045	0,54743	0,4241	0,33556	0,27758	0,23823	0,21609	0,21223	0,19958	0,19642		
90V (46,5°C)	1	0,6483	0,43811	0,32742	0,26857	0,23821	0,2298	0,22139					
110V (46,7°C)	1	0,78606	0,59632	0,29187	0,2788	0,27009							

**TABLA 4.** Melón 2.1m/s

TRAT	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
30V (32,7°C)	1	0,88545	0,72075	0,58948	0,46952	0,37856	0,29597	0,21485	0,16175	0,11455	0,0708	0,059	0,05113
50V (45,4°C)	1	0,85321	0,61082	0,38291	0,22067	0,11782	0,06519	0,0478	0,03781	0,03689	0,03515	0,03206	
70V (58,4°C)	1	0,38189	0,05696	0,00677	0,00341								
90V (63,6°C)	1	0,65228	0,31098	0,07703	0,01797	0,00931							
110V (58,7°C)	1	0,54608	0,09336	0,05111									

TABLA 5. Melón 3.5m/s

TRAT	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
30V (31,9°C)	1	0,75381	0,63897	0,505	0,39234	0,29796	0,22706	0,16268	0,13136	0,10396	0,07742	0,06568	0,0609
50V (41,6°C)	1	0,6815	0,41183	0,21503	0,09875	0,0548	0,04992	0,04015	0,03527				
70V (47,6°C)	1	0,64711	0,28973	0,13896	0,05379	0,03912	0,03545						
90V (58,6°C)	1	0,21714	0,02375	0,01138	0,00775								
110V (57,2°C)	1	0,54625	0,11074	0,06221	0,06221								

TABLA 6. Melón 8.0m/s

TRAT	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
30V (29,8°C)	1	0,59648	0,45306	0,35957	0,26608	0,19776	0,15861	0,12625	0,10427	0,0851	0,07791	
50V (36,4°C)	1	0,63771	0,52331	0,37881	0,26398	0,17627	0,11907	0,08983	0,07839	0,06695	0,06314	0,06314
70V (42,8°C)	1	0,52441	0,26283	0,11556	0,04798	0,04047	0,03671					
90V (43,3°C)	1	0,73705	0,26295	0,12749	0,05578	0,03586						
110V (49°C)	1	0,32513	0,13401	0,07469	0,07074							



ANEXO B

En este anexo se muestra un ejemplo de las operaciones realizadas para construir las graficas de velocidad de deshidratación.

Se toman los datos de las tablas de peso normalizado (Tabla 1) y se aplica la formula:

$$\text{HUMEDAD (Base seca)} = \frac{W_m}{W_i}$$

Donde:

W_m = Peso de la muestra

W_i = Peso inicial de la muestra

Tabla 1. Peso de la muestra

TRATAMIENTO	TIEMPO 0	TIEMPO 0,5	TIEMPO 1	TIEMPO 1,5	TIEMPO 2	TIEMPO 2,5	TIEMPO 3	TIEMPO 3,5	TIEMPO 4	TIEMPO 4,5	TIEMPO 5	TIEMPO 5,5
30V (34°C)	23,48	20,65	18,17	15,89	14,39	12,8	11,45	10,39	8,91	8,13	7,64	7,63
50V (47,2°C)	21,13	16,25	12,01	8,56	6,16	5,24	4,5	4,49	4,4			
70V (61,5°C)	25,94	18,07	14,31	9,38	6,22	5,43	5,07	4,95				
90V (67,4°C)	38,15	27,21	17,1	10,9	8,44	7,99	7,72					
110V (73,6°C)	37,28	27,46	17,86	9,89	8,54	8,27						



$$\text{HUMEDAD (Base seca)} = \frac{20.6}{23.48} = 0.87947189$$

Los resultados obtenidos de la aplicación de esta formula se consignan en tablas como la tabla 2.

Tabla 2. Humedad en base seca

TRAT	Tiempo en minutos										
	TIEMPO 0,5	TIEMPO 1	TIEMPO 1,5	TIEMPO 2	TIEMPO 2,5	TIEMPO 3	TIEMPO 3,5	TIEMPO 4	TIEMPO 4,5	TIEMPO 5	TIEMPO 5,5
30V (34°C)	0,87947189	0,77385009	0,67674617	0,61286201	0,5451448	0,48764906	0,44250426	0,37947189	0,34625213	0,3253833	0,32495741
50V (47,2°C)	0,76904875	0,56838618	0,40511122	0,29152863	0,24798864	0,21296735	0,21249408	0,20823474			
70V (61,5°C)	0,69660756	0,55165767	0,3616037	0,23978412	0,20932922	0,19545104	0,19082498				
90V (67,4°C)	0,71323722	0,44823067	0,28571429	0,22123198	0,20943644	0,20235911					
110V (73,6°C)	0,73658798	0,47907725	0,2652897	0,22907725	0,22183476						

Seguidamente se aplica la fomula:

$$\text{VELOCIDAD DE DESHIDRATACION} = \frac{Wm}{A} * \frac{W_1 - W_2}{t_2 - t_1}$$

Donde:

Wm = Peso de muestra

A = Area superficial de deshidratación

W_1 = Peso de muestra 1

W_2 = Peso de muestra 2

 $t_1 = \text{Tiempo 1}$ $t_2 = \text{Tiempo}$

Para obtener las velocidades de deshidratación para cada una de las graficas.

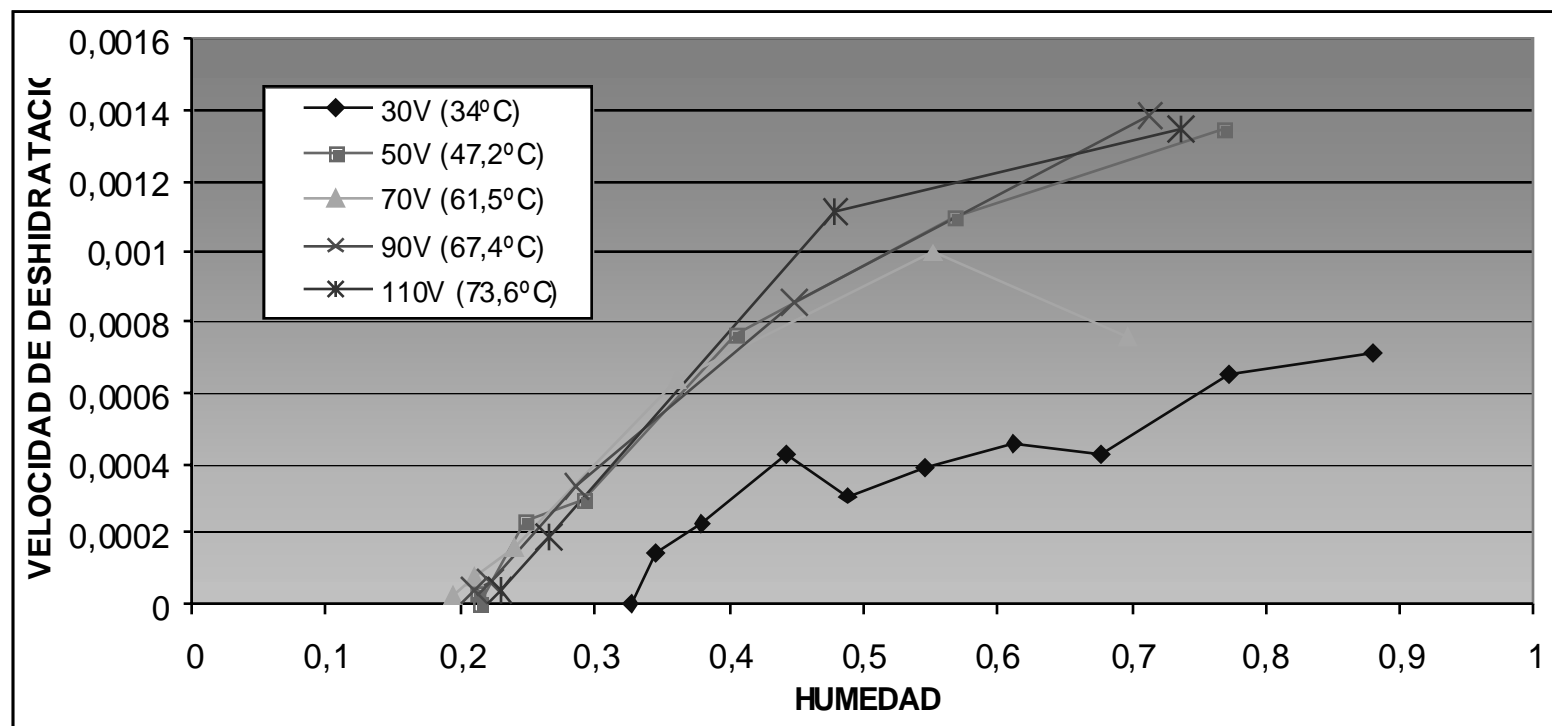
$$\text{VELOCIDAD DE DESHIDRATACION} = \frac{28.6}{140} * \frac{0.87947189 - 0.77385089}{60 - 30} = 0.00070917$$

Los resultados obtenidos se consignan en tablas como la tabla 3.

Tabla 3. Velocidad de deshidratación

TRAT	Tiempo en minutos									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
30V (34°C)	0,00070917	0,00065198	0,00042894	0,00045467	0,00038604	0,00030312	0,00042322	0,00022305	0,00014012	2,8596E-06
50V (47,2°C)	0,00134731	0,00109627	0,00076263	0,00029234	0,00023514	3,1776E-06	2,8598E-05			
70V (61,5°C)	0,00075696	0,0009925	0,00063617	0,00015904	7,2475E-05	2,4158E-05				
90V (67,4°C)	0,00138392	0,0008487	0,00033674	6,1599E-05	3,6959E-05					
110V (73,6°C)	0,00134478	0,00111645	0,00018911	3,7822E-05						

Finalmente se traza la grafica tomando los datos de la tabla de Humedad (Base seca) contra los datos de la tabla de velocidad de deshidratación.



Grafica 1. Ejemplo de las graficas de Velocidad de Deshidratación contra Humedad



ANEXO C

TABLA 1. Valores de L, a y b para banano

BANANO 20,4HZ (2,1m/s) 70V (61,5°C) %Hf: 28,04								
	L	a	b		L	a	b	
c1	69,415	13,485	66,672	c1-c2	-0,398	-0,470	-1,827	TukeyL 6,159
c2	69,813	13,955	68,498	c1-c3	-0,527	-0,492	-0,305	Tukeya 3,752
c3	69,942	13,977	66,977	c1-c4	1,253	-0,687	0,897	Tukeyb 3,764
c4	68,162	14,172	65,775	c1-c5	3,938	-3,855	2,098	
c5	65,477	17,340	64,573	c1-c6	3,192	-2,982	0,642	
c6	66,223	16,467	66,030	c1-c7	5,213	-4,723	2,838	
c7	64,202	18,208	63,833	c1-c8	3,565	-5,453	1,085	
c8	65,850	18,938	65,587					

TABLA 2. Valores de L, a y b para banano

BANANO 20,4HZ (2,1m/s) 90V (67,4°C) %Hf: 22,27								
	L	a	b		L	a	b	
c1	66,575	13,307	67,135	c1-c2	1,580	-0,933	0,818	TukeyL 5,200
c2	64,995	14,240	66,317	c1-c3	2,583	-0,455	0,917	Tukeya 3,430
c3	63,992	13,762	66,218	c1-c4	0,117	-0,787	0,745	Tukeyb 2,562
c4	66,458	14,093	66,390	c1-c5	2,168	-4,067	1,002	
c5	64,407	17,373	66,133	c1-c6	4,480	-4,310	2,075	
c6	62,095	17,617	65,060	c1-c7	1,263	-6,457	0,370	
c7	65,312	19,763	66,765					

TABLA 3. Valores de L, a y b para banano

BANANO 20,4HZ (2,1m/s) 110V (73,6°C) %Hf: 23,60								
	L	a	b		L	a	b	
c1	61,282	14,687	62,620	c1-c2	-3,307	0,652	0,892	TukeyL 5,372
c2	64,588	14,035	61,728	c1-c3	1,530	-1,697	0,208	Tukeya 2,729
c3	59,752	16,383	62,412	c1-c4	-1,377	-5,970	-0,087	Tukeyb 2,670
c4	62,658	20,657	62,707	c1-c5	1,768	-11,082	-0,180	
c5	59,513	25,768	62,800					



TABLA 4. Valores de L, a y b para banano

BANANO 30,0HZ (3,5m/s) 30V (33,18°C) %Hf: 52,01									
	L	a	b		L	a	b		
c1	66,665	14,315	64,718	c1-c2	0,797	-0,337	0,245	TukeyL	4,571
c2	65,868	14,652	64,473	c1-c3	2,308	-0,537	-0,017	Tukeya	2,705
c3	64,357	14,852	64,735	c1-c4	2,477	-0,377	-0,390	Tukeyb	2,221
c4	64,188	14,692	65,108	c1-c5	2,728	-0,972	1,748		
c5	63,937	15,287	62,970	c1-c6	1,737	0,315	-0,817		
c6	64,928	14,000	65,535	c1-c7	-0,447	0,383	-0,950		
c7	67,112	13,932	65,668	c1-c8	1,008	-0,107	-1,223		
c8	65,657	14,422	65,942	c1-c9	1,718	-1,400	0,442		
c9	64,947	15,715	64,277	c1-c10	3,120	-0,920	1,247		
c10	63,545	15,235	63,472	c1-c11	1,882	-1,635	-0,670		
c11	64,783	15,950	65,388						

TABLA 5. Valores de L, a y b para banano

BANANO 30,0HZ (3,5m/s) 50V (48,1°C) %Hf: 28,08									
	L	a	b		L	a	b		
c1	64,602	12,692	64,222	c1-c2	0,027	-1,003	-0,610	TukeyL	5,687
c2	64,575	13,695	64,832	c1-c3	-0,545	-1,212	-0,390	Tukeya	3,264
c3	65,147	13,903	64,612	c1-c4	0,042	-1,395	-1,452	Tukeyb	3,264
c4	64,560	14,087	65,673	c1-c5	1,447	-1,548	-0,117		
c5	63,155	14,240	64,338	c1-c6	3,120	-2,255	1,185		
c6	61,482	14,947	63,037	c1-c7	0,395	-1,567	-0,513		
c7	64,207	14,258	64,735	c1-c8	4,030	-2,427	1,098		
c8	60,572	15,118	63,123						



TABLA 6. Valores de L, a y b para banano

BANANO 30,0HZ (3,5m/s) 70V (54,5°C) %Hf: 8,03									
	L	a	b		L	a	b		
c1	64,130	12,482	63,652	c1-c2	-0,015	-0,308	1,313	TukeyL	5,448
c2	64,145	12,790	62,338	c1-c3	3,120	-2,197	1,712	Tukeya	2,324
c3	61,010	14,678	61,940	c1-c4	1,047	-0,558	1,597	Tukeyb	2,512
c4	63,083	13,040	62,055	c1-c5	1,540	-1,670	0,240		
c5	62,590	14,152	63,412	c1-c6	3,735	-1,428	2,203		
c6	60,395	13,910	61,448	c1-c7	3,400	-2,412	0,865		
c7	60,730	14,893	62,787						

TABLA 7. Valores de L, a y b para banano

BANANO 30,0HZ (3,5m/s) 90V (52,5°C) %Hf: 35,56									
	L	a	b		L	a	b		
c1	68,692	15,627	67,173	c1-c2	0,175	0,687	0,957	TukeyL	4,987
c2	68,517	14,940	66,217	c1-c3	0,890	-0,890	-0,640	Tukeya	2,828
c3	67,802	16,517	67,813	c1-c4	3,665	-2,178	0,402	Tukeyb	3,231
c4	65,027	17,805	66,772	c1-c5	4,950	-3,198	1,107		
c5	63,742	18,825	66,067	c1-c6	1,693	-1,770	-0,085		
c6	66,998	17,397	67,258						

TABLA 8. Valores de L, a y b para banano

BANANO 30,0HZ (3,5m/s) 110V (62°C) %Hf: 34,89									
	L	a	b		L	a	b		
c1	65,697	14,463	61,998	c1-c2	-1,263	-0,827	-4,027	TukeyL	7,016
c2	66,960	15,290	66,025	c1-c3	0,450	-3,185	-3,952	Tukeya	2,993
c3	65,247	17,648	65,950	c1-c4	1,393	-4,518	-4,290	Tukeyb	3,339
c4	64,303	18,982	66,288	c1-c5	-0,003	-4,788	-5,632		
c5	65,700	19,252	67,630						

**TABLA 9.** Valores de L, a y b para banano

BANANO 60,0HZ (8,0m/s) 30V (29,9°C) %Hf: 53,15									
	L	a	b		L	a	b		
c1	61,467	15,612	58,057	c1-c2	7,405	-0,828	-0,373	TukeyL	5,481
c2	54,062	16,440	58,430	c1-c3	4,672	-0,330	-1,553	Tukeya	2,353
c3	56,795	15,942	59,610	c1-c4	6,120	-1,463	0,067	Tukeyb	3,017
c4	55,347	17,075	57,990	c1-c5	-0,478	-0,102	-3,757		
c4	61,945	15,713	61,813	c1-c6	4,953	-1,348	-1,948		
c5	56,513	16,960	60,005	c1-c7	4,692	-0,798	-1,893		
c6	56,775	16,410	59,950	c1-c8	5,992	-0,570	-0,975		
c7	55,475	16,182	59,032	c1-c9	5,497	-0,902	-1,253		
c8	55,970	16,513	59,310	c1-c10	8,362	-2,908	-0,380		
c9	53,105	18,520	58,437	c1-c11	3,627	-1,723	-2,720		
c10	57,840	17,335	60,777	c1-c12	5,988	-2,995	-1,262		
c11	55,478	18,607	59,318	c1-c13	9,777	-3,295	1,673		
c12	51,690	18,907	56,383						

TABLA 10. Valores de L, a y b para banano

BANANO 60,0HZ (8,0m/s) 50V (36°C) %Hf: 42,51									
	L	a	b		L	a	b		
c1	64,055	15,127	66,102	c1-c2	-3,238	0,493	0,117	TukeyL	4,651
c2	67,293	14,633	65,985	c1-c3	-2,700	0,082	-0,300	Tukeya	2,990
c3	66,755	15,045	66,402	c1-c4	-1,415	-0,462	0,115	Tukeyb	2,372
c4	65,470	15,588	65,987	c1-c5	-2,183	0,542	-0,043		
c4	66,238	14,585	66,145	c1-c6	-0,310	-1,120	-0,528		
c5	64,365	16,247	66,630	c1-c7	-1,405	-0,455	0,092		
c6	65,460	15,582	66,010	c1-c8	0,230	-2,583	-0,022		
c7	63,825	17,710	66,123	c1-c9	-0,375	-2,395	-0,273		
c8	64,430	17,522	66,375	c1-c10	-0,268	-2,080	0,898		
c9	64,323	17,207	65,203	c1-c11	0,865	-3,127	0,917		
c10	63,190	18,253	65,185	c1-c12	1,060	-2,987	0,187		
c11	62,995	18,113	65,915	c1-c13	5,802	-5,452	2,895		
c12	58,253	20,578	63,207						

**TABLA 11.** Valores de L, a y b para banano

BANANO 60,0HZ (8,0m/s) 70V (39,1°C) %Hf: 28,17									
	L	a	b		L	a	b		
c1	66,592	13,122	61,157	c1-c2	2,672	0,152	-0,057	TukeyL	5,387
c2	63,920	12,970	61,213	c1-c3	9,397	-3,243	0,190	Tukeya	2,816
c3	57,195	16,365	60,967	c1-c4	6,718	-2,888	-0,162	Tukeyb	3,104
c4	59,873	16,010	61,318	c1-c5	5,663	-2,255	-2,105		
c5	60,928	15,377	63,262	c1-c6	6,173	-3,070	-2,233		
c6	60,418	16,192	63,390	c1-c7	6,430	-3,767	-1,588		
c7	60,162	16,888	62,745	c1-c8	3,360	-2,990	-3,488		
c8	63,232	16,112	64,645	c1-c9	4,560	-2,833	-3,130		
c9	62,032	15,955	64,287	c1-c10	1,372	-2,370	-5,282		
c10	65,220	15,492	66,438	c1-c11	2,162	-1,948	-4,437		
c11	64,430	15,070	65,593						

TABLA 12. Valores de L, a y b para banano

BANANO 60,0HZ (8,0m/s) 90V (46,5°C) %Hf: 41,13									
	L	a	b		L	a	b		
c1	68,070	14,635	67,465	c1-c2	-1,468	0,663	2,480	TukeyL	5,251
c2	69,538	13,972	64,985	c1-c3	-0,925	-0,102	0,362	Tukeya	2,560
c3	68,995	14,737	67,103	c1-c4	2,457	-2,015	1,685	Tukeyb	2,642
c4	65,613	16,650	65,780	c1-c5	0,250	-1,092	1,223		
c5	67,820	15,727	66,242	c1-c6	2,153	-1,730	1,190		
c6	65,917	16,365	66,275	c1-c7	3,110	-2,927	1,345		
c7	64,960	17,562	66,120	c1-c8	1,757	-3,145	0,868		
c8	66,313	17,780	66,597						

**TABLA 13.** Valores de L, a y b para banano

BANANO 60,0HZ (8,0m/s) 110V (46,7°C) %Hf: 43,51									
	L	a	b		L	a	b		
c1	67,835	15,212	66,752	c1-c2	-0,965	1,145	0,970	TukeyL	6,072
c2	68,800	14,067	65,782	c1-c3	3,557	-1,287	0,865	Tukeya	3,137
c3	64,278	16,498	65,887	c1-c4	2,012	-1,825	0,430	Tukeyb	3,671
c4	65,823	17,037	66,322	c1-c5	1,140	-2,542	-1,225		
c5	66,695	17,753	67,977	c1-c6	4,272	-3,490	0,447		
c6	63,563	18,702	66,305						

TABLA 14. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 20,4HZ (2,1m/s) 70V(61,5°C) %Hf: 28,04									
	L	a	b		L	a	b		
c1	47,075	23,255	54,105	c1-c2	7,293	-3,053	9,305	TukeyL	6,159
c2	39,782	26,308	44,800	c1-c3	6,473	0,900	8,623	Tukeya	3,752
c3	40,602	22,355	45,482	c1-c4	10,143	-0,883	10,637	Tukeyb	3,764
c4	36,932	24,138	43,468	c1-c5	6,017	-2,208	6,987		
c5	41,058	25,463	47,118	c1-c6	5,763	-1,248	6,180		
c6	41,312	24,503	47,925	c1-c7	5,772	-1,638	7,080		
c7	41,303	24,893	47,025	c1-c8	5,842	-5,977	4,513		
c8	41,233	29,232	49,592						

TABLA 15. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 20,4HZ (2,1m/s) 90V (67,4°C) %Hf: 22,27									
	L	a	b		L	a	b		
c1	56,303	21,320	62,872	c1-c2	2,053	-1,863	1,787	TukeyL	5,200
c2	54,250	23,183	61,085	c1-c3	2,882	-2,325	2,305	Tukeya	3,430
c3	53,422	23,645	60,567	c1-c4	3,382	-3,473	2,627	Tukeyb	2,562
c4	52,922	24,793	60,245	c1-c5	4,670	-6,337	3,905		
c5	51,633	27,657	58,967	c1-c6	5,765	-8,525	4,393		
c6	50,538	29,845	58,478	c1-c7	4,512	-10,113	3,782		
c7	51,792	31,433	59,090						



TABLA 16. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 20,4HZ (2,1m/s) 110V (73,6°C) %Hf: 23,60									
	L	a	b		L	a	b		
c1	52,430	20,480	58,925	c1-c2	-1,505	0,153	-0,557	Tukey L	5,372
c2	53,935	20,327	59,482	c1-c3	6,863	-9,850	4,962	Tukey a	2,729
c3	45,567	30,330	53,963	c1-c4	9,963	-13,978	8,875	Tukey b	2,670
c4	42,467	34,458	50,050	c1-c5	11,832	-11,490	13,172		
c5	40,598	31,970	45,753						

TABLA 17. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 30,0HZ (3,5m/s) 30V (33, 18°C) %Hf: 52,01									
	L	a	b		L	a	b		
c1	49,350	25,032	56,387	c1-c2	0,477	-0,712	1,110	Tukey L	4,571
c2	48,873	25,743	55,277	c1-c3	1,768	1,077	2,647	Tukey a	2,705
c3	47,582	23,955	53,740	c1-c4	3,800	0,673	4,077	Tukey b	2,221
c4	45,550	24,358	52,310	c1-c5	2,683	1,223	3,443		
c5	46,667	23,808	52,943	c1-c6	4,932	1,457	4,355		
c6	44,418	23,575	52,032	c1-c7	2,997	3,153	3,207		
c7	46,353	21,878	53,180	c1-c8	1,880	3,660	2,938		
c8	47,470	21,372	53,448	c1-c9	2,130	1,832	2,653		
c9	47,220	23,200	53,733	c1-c10	2,633	1,062	3,585		
c10	46,717	23,970	52,802	c1-c11	-0,442	2,178	1,342		
c11	49,792	22,853	55,045						



TABLA 18. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 30,0HZ (3,5m/s) 50V (48, 1°C) %Hf: 28,08									
	L	a	b		L	a	b		
c1	55,017	17,340	60,293	c1-c2	4,328	-3,820	3,550	TukeyL	5,687
c2	50,688	21,160	56,743	c1-c3	2,970	-2,242	3,310	Tukey a	3,264
c3	52,047	19,582	56,983	c1-c4	3,690	-2,222	4,507	Tukey b	3,264
c4	51,327	19,562	55,787	c1-c5	5,562	-3,018	5,637		
c5	49,455	20,358	54,657	c1-c6	8,848	-3,108	9,353		
c6	46,168	20,448	50,940	c1-c7	4,958	-0,345	7,523		
c7	50,058	17,685	52,770	c1-c8	6,113	-1,710	7,895		
c8	48,903	19,050	52,398						

TABLA 19. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 30,0HZ (3,5m/s) 70V (54, 5°C) %Hf: 8,03									
	L	a	b		L	a	b		
c1	53,242	19,883	59,408	c1-c2	-0,460	1,317	-0,428	TukeyL	5,448
c2	53,702	18,567	59,837	c1-c3	2,520	1,353	2,927	Tukey a	2,324
c3	50,722	18,530	56,482	c1-c4	5,025	0,360	4,553	Tukey b	2,512
c4	48,217	19,523	54,855	c1-c5	2,443	1,715	3,193		
c5	50,798	18,168	56,215	c1-c6	2,402	1,565	2,915		
c6	50,840	18,318	56,493	c1-c7	3,668	-0,880	3,880		
c7	49,573	20,763	55,528						

TABLA 20. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 30,0HZ (3,5m/s) 90V (52, 5°C) %Hf: 35,56									
	L	a	b		L	a	b		
c1	59,197	23,797	65,612	c1-c2	11,655	-2,275	10,580	TukeyL	4,987
c2	47,542	26,072	55,032	c1-c3	16,758	-4,477	14,945	Tukey a	2,828
c3	42,438	28,273	50,667	c1-c4	14,660	-4,133	12,545	Tukey b	3,231
c4	44,537	27,930	53,067	c1-c5	10,003	-2,745	8,590		
c5	49,193	26,542	57,022	c1-c6	10,142	-2,633	9,078		
c6	49,055	26,430	56,533						



TABLA 21. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 30,0HZ (3,5m/s) 110V (62°C) %Hf: 34,89									
	L	a	b		L	a	b		
c1	51,693	26,538	59,007	c1-c2	1,860	0,887	1,893	TukeyL	7,016
c2	49,833	25,652	57,113	c1-c3	5,420	2,075	6,322	Tukeya	2,993
c3	46,273	24,463	52,685	c1-c4	9,563	-1,595	9,437	Tukeyb	3,339
c4	42,130	28,133	49,570	c1-c5	9,713	-4,037	8,402		
c5	41,980	30,575	50,605						

TABLA 22. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 60,0HZ (8,0m/s) 30V (29,9°C) %Hf: 53,15									
	L	a	b		L	a	b		
c1	49,893	19,582	54,628	c1-c2	4,038	-2,202	2,375	TukeyL	5,481
c2	45,855	21,783	52,253	c1-c3	8,555	-1,785	5,813	Tukeya	2,353
c3	41,338	21,367	48,815	c1-c4	7,445	-1,092	5,532	Tukeyb	3,017
c4	42,448	20,673	49,097	c1-c5	0,752	0,193	1,308		
c5	49,142	19,388	53,320	c1-c6	9,022	-0,825	7,115		
c6	40,872	20,407	47,513	c1-c7	9,122	-0,020	7,942		
c7	40,772	19,602	46,687	c1-c8	8,292	-0,803	7,697		
c8	41,602	20,385	46,932	c1-c9	11,377	-2,382	8,958		
c9	38,517	21,963	45,670	c1-c10	14,323	-1,383	13,825		
c10	35,570	20,965	40,803	c1-c11	7,440	-0,218	7,353		
c11	42,453	19,800	47,275	c1-c12	8,350	-0,600	9,245		
c12	41,543	20,182	45,383	c1-c13	8,228	1,887	10,882		
c13	41,665	17,695	43,747						



TABLA 23. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 60,0HZ (8,0m/s) 50V (36°C) %Hf: 42,51									
	L	a	b		L	a	b		
c1	55,980	20,690	62,750	c1-c2	3,133	-0,657	3,830	Tukey L	4,651
c2	52,847	21,347	58,920	c1-c3	-0,693	0,335	1,213	Tukey a	2,990
c3	56,673	20,355	61,537	c1-c4	1,758	0,338	2,693	Tukey b	2,372
c4	54,222	20,352	60,057	c1-c5	3,705	-1,977	4,110		
c5	52,275	22,667	58,640	c1-c6	3,208	-1,808	3,980		
c6	52,772	22,498	58,770	c1-c7	2,377	-0,842	2,903		
c7	53,603	21,532	59,847	c1-c8	4,427	-0,163	5,442		
c8	51,553	20,853	57,308	c1-c9	5,842	-2,813	6,913		
c9	50,138	23,503	55,837	c1-c10	3,022	0,398	3,372		
c10	52,958	20,292	59,378	c1-c11	4,083	0,153	4,537		
c11	51,897	20,537	58,213	c1-c12	2,278	0,595	3,588		
c12	53,702	20,095	59,162	c1-c13	5,922	-1,685	6,842		
c13	50,058	22,375	55,908						

TABLA 24. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 60,0HZ (8,0m/s) 70V (39,1°C) %Hf: 28,17									
	L	a	b		L	a	b		
c1	49,188	21,758	56,887	c1-c2	2,630	-0,787	2,168	Tukey L	5,387
c2	46,558	22,545	54,718	c1-c3	4,072	-3,962	3,355	Tukey a	2,816
c3	45,117	25,720	53,532	c1-c4	3,328	-0,885	2,682	Tukey b	3,104
c4	45,860	22,643	54,205	c1-c5	4,413	-1,112	3,588		
c5	44,775	22,870	53,298	c1-c6	4,358	-1,263	3,557		
c6	44,830	23,022	53,330	c1-c7	4,265	-1,568	3,528		
c7	44,923	23,327	53,358	c1-c8	0,693	-0,077	0,510		
c8	48,495	21,835	56,377	c1-c9	6,405	-1,412	5,637		
c9	42,783	23,170	51,250	c1-c10	5,812	-4,838	5,108		
c10	43,377	26,597	51,778	c1-c11	5,680	-2,652	5,240		
c11	43,508	24,410	51,647						



TABLA 25. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 60,0HZ (8,0m/s) 90V (46,5°C) %Hf: 41,13									
	L	a	b		L	a	b		
c1	56,692	22,628	63,180	c1-c2	8,597	-4,593	6,715	TukeyL	5,251
c2	48,095	27,222	56,465	c1-c3	8,950	-3,117	7,298	Tukeya	2,560
c3	47,742	25,745	55,882	c1-c4	11,598	-4,303	9,727	Tukeyb	2,642
c4	45,093	26,932	53,453	c1-c5	11,212	-6,228	8,880		
c5	45,480	28,857	54,300	c1-c6	9,210	-5,693	7,362		
c6	47,482	28,322	55,818	c1-c7	9,208	-4,528	7,767		
c7	47,483	27,157	55,413	c1-c8	9,495	-7,032	7,442		
c8	47,197	29,660	55,738						

TABLA 26. Valores de L, a y b para banano

BANANO CENTRO 60,0HZ (8,0m/s) 110V (46,7°C) %Hf: 43,51									
	L	a	b		L	a	b		
c1	52,308	26,307	59,718	c1-c2	4,755	-0,197	4,493	TukeyL	6,072
c2	47,553	26,503	55,225	c1-c3	2,730	2,300	3,418	Tukeya	3,137
c3	49,578	24,007	56,300	c1-c4	7,747	0,757	8,120	Tukeyb	3,671
c4	44,562	25,550	51,598	c1-c5	5,383	1,668	5,453		
c5	46,925	24,638	54,265	c1-c6	7,167	1,590	7,977		
c6	45,142	24,717	51,742						



TABLA 27. Valores de L, a y b para melón

MELON 20,4HZ (2,1m/s) 30V (32,7°C) %Hf: 66,34									
	L	a	b		L	a	b		
C1	61,762	24,318	64,815	c1-c2	-3,297	1,705	-0,030	TukeyL	6,002
C2	65,058	22,613	64,845	c1-c3	-4,267	1,485	-1,762	Tukeya	3,483
C3	66,028	22,833	66,577	c1-c4	-4,607	1,567	-0,345	Tukeyb	2,727
C4	66,368	22,752	65,160	c1-c5	-2,887	0,915	-1,230		
C5	64,648	23,403	66,045	c1-c6	-4,437	1,827	-1,553		
C6	66,198	22,492	66,368	c1-c7	-5,818	2,405	-2,233		
C7	67,580	21,913	67,048	c1-c8	0,615	-0,713	0,403		
C8	61,147	25,032	64,412	c1-c9	2,123	-0,570	1,140		
C9	59,638	24,888	63,675	c1-c10	0,545	-2,187	-0,062		
C10	61,217	26,505	64,877	c1-c11	2,653	-2,762	0,990		
C11	59,108	27,080	63,825	c1-c12	1,580	-1,475	0,577		
C12	60,182	25,793	64,238						

TABLA 28. Valores de L, a y b para melón

MELON 20,4HZ (2,1m/s) 50V (45,4°C) %Hf: 60									
	L	a	b		L	a	b		
C1	60,742	24,193	63,220	c1-c2	-3,822	2,407	-2,120	TukeyL	7,412
C2	64,563	21,787	65,340	c1-c3	0,172	0,708	-0,862	Tukeya	3,266
C3	60,570	23,485	64,082	c1-c4	-0,473	0,802	-1,667	Tukeyb	1,414
C4	61,215	23,392	64,887	c1-c5	0,657	-1,197	-0,255		
C5	60,085	25,390	63,475	c1-c6	0,582	-1,865	-1,448		
C6	60,160	26,058	64,668	c1-c7	3,968	-1,470	-2,303		
C7	56,773	25,663	65,523	c1-c8	-1,335	-0,272	-2,632		
C8	62,077	24,465	65,852	c1-c9	-1,370	1,335	-1,167		
C9	62,112	22,858	64,387	c1-c10	-1,492	0,517	-1,608		
C10	62,233	23,677	64,828	c1-c11	-0,245	-0,625	-2,327		
C11	60,987	24,818	65,547						

**TABLA 29.** Valores de L, a y b para melón

MELON 20,4HZ (2,1m/s) 70V (58,4°C) %Hf: 64									
	L	a	b		L	a	b		
C1	59,470	22,192	63,703	c1-c2	-9,208	2,162	-2,447	TukeyL	5,193
C2	68,678	20,030	66,150	c1-c3	-2,207	0,380	-1,842	Tukeya	3,564
C3	61,677	21,812	65,545	c1-c4	-1,148	1,802	-1,515	Tukeyb	2,816
C4	60,618	20,390	65,218	c1-c5	-3,708	2,138	-2,645		
C5	63,178	20,053	66,348						

TABLA 30. Valores de L, a y b para melón

MELON 20,4HZ (2,1m/s) 90V (63,6°C) %Hf: 57,56									
	L	a	b		L	a	b		
C1	62,953	23,883	66,433	c1-c2	-2,752	0,477	-1,703	TukeyL	4,205
C2	65,705	23,407	68,137	c1-c3	-0,645	-1,710	-1,190	Tukeya	3,799
C3	63,598	25,593	67,623	c1-c4	5,358	-3,008	3,015	Tukeyb	2,430
C4	57,595	26,892	63,418	c1-c5	2,123	-2,580	-0,678		
C5	60,830	26,463	67,112	c1-c6	0,323	-3,648	-1,878		
C6	62,630	27,532	68,312						

TABLA 31. Valores de L, a y b para melón

MELON 20,4HZ (2,1m/s) 110V (58,7°C) %Hf: 55,71									
	L	a	b		L	a	b		
C1	63,277	27,538	67,665	c1-c2	0,588	-0,618	-0,142	TukeyL	4,715
C2	62,688	28,157	67,807	c1-c3	0,662	0,457	-0,613	Tukeya	4,002
C3	62,615	27,082	68,278					Tukeyb	2,192



TABLA 32. Valores de L, a y b para melón

MELON 30,0HZ (3,5m/s) 30V (31,9°C) %Hf: 67,37									
	L	a	b		L	a	b		
C1	63,688	20,738	67,635	c1-c2	2,007	-1,002	1,388	TukeyL	4,136
C2	61,682	21,740	66,247	c1-c3	4,358	-2,575	2,798	Tukeya	4,068
C3	59,330	23,313	64,837	c1-c4	2,292	-1,055	1,258	Tukeyb	2,411
C4	61,397	21,793	66,377	c1-c5	1,927	-1,738	1,040		
C5	61,762	22,477	66,595	c1-c6	6,270	-2,942	4,083		
C6	57,418	23,680	63,552	c1-c7	3,715	-1,573	2,447		
C7	59,973	22,312	65,188	c1-c8	-1,285	-1,015	-0,468		
C8	64,973	21,753	68,103	c1-c9	1,288	-1,718	0,920		
C9	62,400	22,457	66,715	c1-c10	2,923	-3,815	1,448		
C10	60,765	24,553	66,187	c1-c11	0,397	-2,888	-0,610		
C11	63,292	23,627	68,245	c1-c12	3,870	-3,998	2,038		
C12	59,818	24,737	65,597						

TABLA 33. Valores de L, a y b para melón

MELON 30,0HZ (3,5m/s) 50V (41,6°C) %Hf: 62									
	L	a	b		L	a	b		
C1	59,603	19,660	63,917	c1-c2	-2,157	-1,470	-1,687	TukeyL	4,108
C2	61,760	21,130	65,603	c1-c3	-0,497	-2,175	-0,722	Tukeya	2,484
C3	60,100	21,835	64,638	c1-c4	6,235	-5,640	3,658	Tukeyb	2,658
C4	53,368	25,300	60,258	c1-c5	1,930	-5,340	0,097		
C5	57,673	25,000	63,820	c1-c6	0,987	-5,290	-0,722		
C6	58,617	24,950	64,638	c1-c7	1,193	-5,563	-0,368		
C7	58,410	25,223	64,285	c1-c8	2,933	-5,222	0,765		
C8	56,670	24,882	63,152						

**TABLA 34.** Valores de L, a y b para melón

MELON 30,0HZ (3,5m/s) 70V (47,6°C) %Hf: 67,56									
	L	a	b		L	a	b		
C1	61,223	24,703	65,607	c1-c2	-0,495	-0,347	-0,083	TukeyL	2,796
C2	61,718	25,050	65,690	c1-c3	-3,838	-0,467	-1,742	Tukey a	3,247
C3	65,062	25,170	67,348	c1-c4	-2,863	-0,285	-2,042	Tukey b	1,249
C4	64,087	24,988	67,648	c1-c5	-1,278	-1,607	-1,042		
C5	62,502	26,310	66,648	c1-c6	1,565	-1,458	0,122		
C6	59,658	26,162	65,485	c1-c7	-3,162	0,075	-3,508		
C7	64,385	24,628	69,115						

TABLA 35. Valores de L, a y b para melón

MELON 30,0HZ (3,5m/s) 90V (58,6°C) %Hf: 62,52									
	L	a	b		L	a	b		
C1	64,938	20,963	63,547	c1-c2	2,560	-0,943	-2,060	TukeyL	4,659
C2	62,378	21,907	65,607	c1-c3	1,363	-1,258	-4,332	Tukey a	3,657
C3	63,575	22,222	67,878	c1-c4	2,383	-0,577	-4,020	Tukey b	2,407
C4	62,555	21,540	67,567	c1-c5	-0,102	0,375	-5,375		
C5	65,040	20,588	68,922						

TABLA 36. Valores de L, a y b para melón

MELON 30,0HZ (3,5m/s) 110V (57,2°C) %Hf: 62,16									
	L	a	b		L	a	b		
C1	61,200	30,633	65,105	c1-c2	2,820	2,108	1,043	TukeyL	2,499
C2	58,380	28,525	64,062	c1-c3	1,207	2,118	-0,922	Tukey a	4,802
C3	59,993	28,515	66,027					Tukey b	1,375



TABLA 37. Valores de L, a y b para melón

MELON 60,0HZ (8,0m/s) 50V (36,4°C) %Hf: 65,57									
	L	a	b		L	a	b		
C1	63,207	25,603	66,998	c1-c2	-0,517	0,478	-0,150	TukeyL	3,159
C2	63,723	25,125	67,148	c1-c3	-2,393	0,803	-1,157	Tukeya	3,138
C3	65,600	24,800	68,155	c1-c4	0,768	0,800	0,777	Tukeyb	1,434
C4	62,438	24,803	66,222	c1-c5	-1,132	-0,223	-0,862		
C5	64,338	25,827	67,860	c1-c6	1,118	-2,383	0,420		
C6	62,088	27,987	66,578	c1-c7	1,212	-2,058	-0,143		
C7	61,995	27,662	67,142	c1-c8	2,287	-2,457	0,767		
C8	60,920	28,060	66,232	c1-c9	-0,650	-2,510	-0,885		
C9	63,857	28,113	67,883	c1-c10	2,492	-3,868	0,430		
C10	60,715	29,472	66,568	c1-c11	1,397	-2,753	0,043		
C11	61,810	28,357	66,955	c1-c12	0,030	-2,007	-1,345		
C12	63,177	27,610	68,343						

TABLA 38. Valores de L, a y b para melón

MELON 60,0HZ (8,0m/s) 70V (42,8°C) %Hf: 69,01									
	L	a	b		L	a	b		
C1	65,828	23,407	67,672	c1-c2	0,748	2,595	1,772	TukeyL	3,754
C2	65,080	20,812	65,900	c1-c3	3,395	-0,050	2,108	Tukeya	3,529
C3	62,433	23,457	65,563	c1-c4	0,628	0,818	1,075	Tukeyb	1,434
C4	65,200	22,588	66,597	c1-c5	4,090	0,502	2,505		
C5	61,738	22,905	65,167	c1-c6	5,242	-1,447	3,058		
C6	60,587	24,853	64,613	c1-c7	3,810	0,905	2,297		
C7	62,018	22,502	65,375						



TABLA 39. Valores de L, a y b para melón

MELON 60,0HZ (8,0m/s) 90V (43,3°C) %Hf: 68,71									
	L	a	b		L	a	b		
C1	67,577	26,527	70,432	c1-c2	2,323	-0,140	1,155	TukeyL	3,274
C2	65,253	26,667	69,277	c1-c3	1,670	-1,393	0,260	Tukeya	2,564
C3	65,907	27,920	70,172	c1-c4	1,208	-0,763	-0,328	Tukeyb	1,123
C4	66,368	27,290	70,760	c1-c5	2,923	-2,428	0,730		
C5	64,653	28,955	69,702	c1-c6	2,658	-2,008	0,237		
C6	64,918	28,535	70,195						

TABLA 40. Valores de L, a y b para melón

MELON 60,0HZ (8,0m/s) 110V (49°C) %Hf: 67,41									
	L	a	b		L	a	b		
C1	66,818	25,365	70,270	c1-c2	-2,258	1,500	0,725	TukeyL	2,873
C2	69,077	23,865	69,545	c1-c3	0,865	-0,140	0,595	Tukeya	2,730
C3	65,953	25,505	69,675	c1-c4	0,372	-2,202	-0,578	Tukeyb	1,207
C4	66,447	27,567	70,848	c1-c5	2,107	-2,505	0,538		
C5	64,712	27,870	69,732						



ANEXO D

BANANO 61.5°C Y 2.1m/s

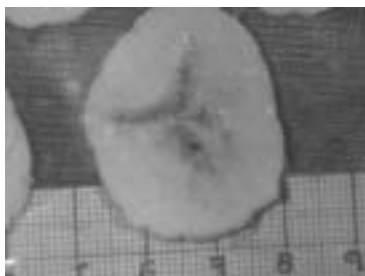


FOTO 1. Banano a 0 min.

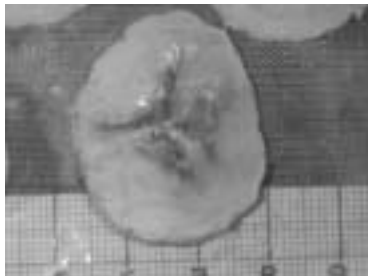


FOTO 2. Banano a 30 min.



FOTO 3. Banano a 60 min.

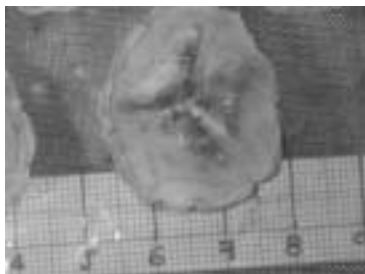


FOTO 4. Banano a 90 min.

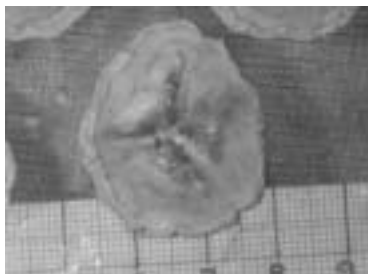


FOTO 5. Banano a 120 min.



FOTO 6. Banano a 150 min.

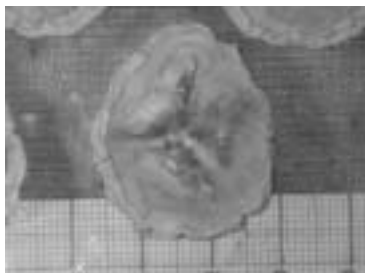


FOTO 7. Banano a 180 min.

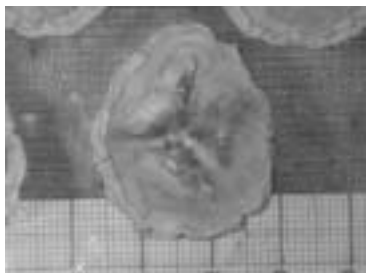


FOTO 8. Banano a 210 min.



BANANO 67.4°C Y 2.1m/s

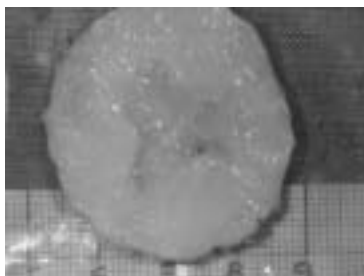


FOTO 1. Banano a 0 min.

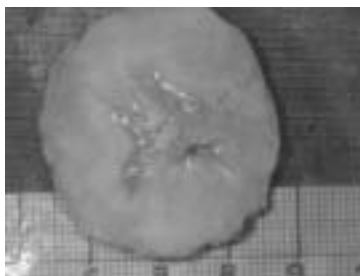


FOTO 2. Banano a 30 min.



FOTO 3. Banano a 60 min.



FOTO 4. Banano a 90 min.

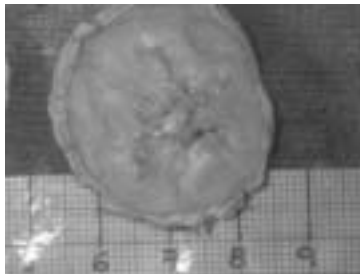


FOTO 5. Banano a 120 min.

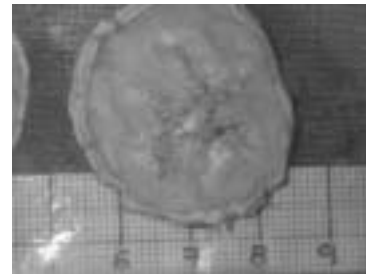


FOTO 6. Banano a 150 min.

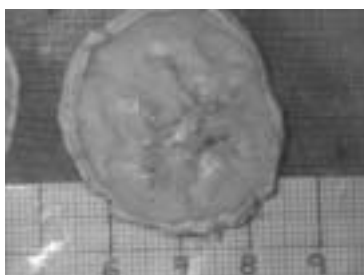


FOTO 7. Banano a 180 min.



BANANO 73.6°C Y 2.1m/s

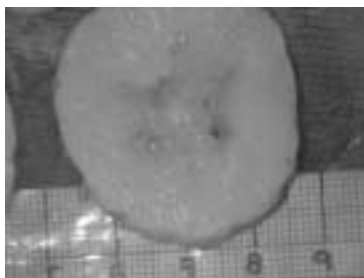


FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.



FOTO 3. Banano a 60 min.



FOTO 4. Banano a 90 min.



FOTO 5. Banano a 102 min.



BANANO 33.18°C Y 3.5m/s

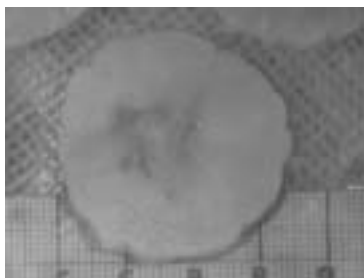


FOTO 1. Banano a 0 min.

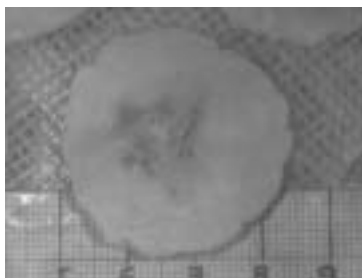


FOTO 2. Banano a 30 min.

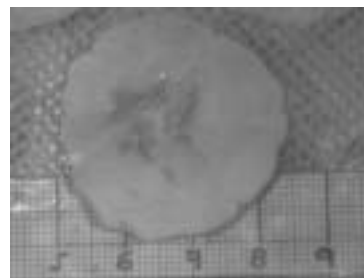


FOTO 3. Banano a 60 min.

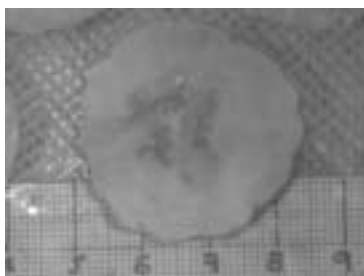


FOTO 4. Banano a 90 min.

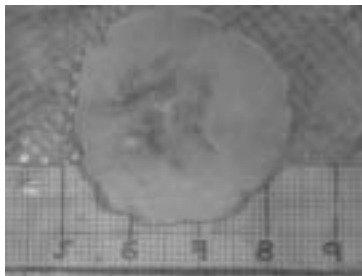


FOTO 5. Banano a 120 min.

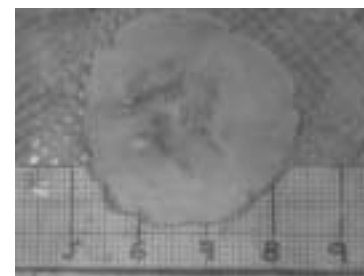


FOTO 6. Banano a 150 min.

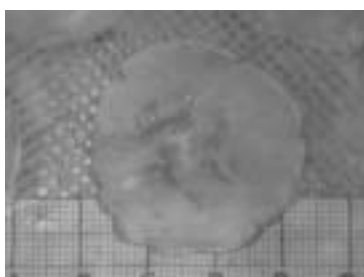


FOTO 7. Banano a 180 min.

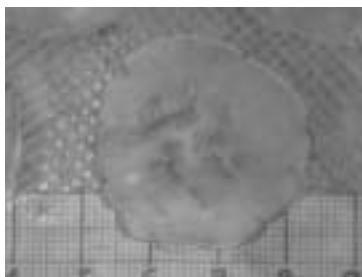


FOTO 8. Banano a 210 min.

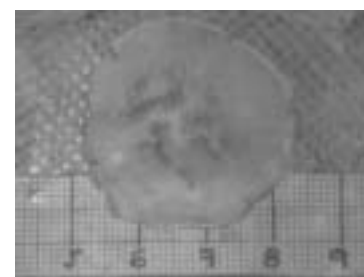


FOTO 9. Banano a 240 min.

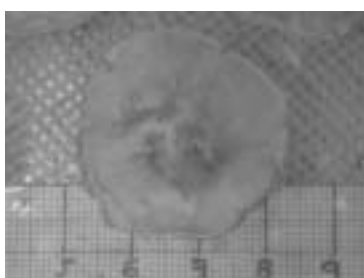


FOTO 10. Banano a 270 min.



FOTO 11. Banano a 300 min.



BANANO 48.1°C Y 3.5m/s

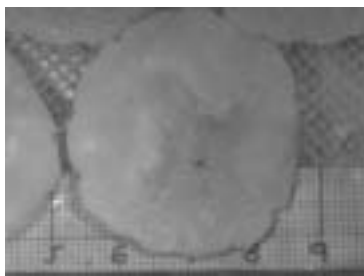


FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.

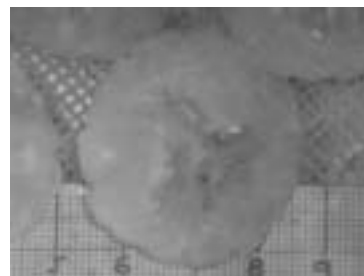


FOTO 3. Banano a 60 min.

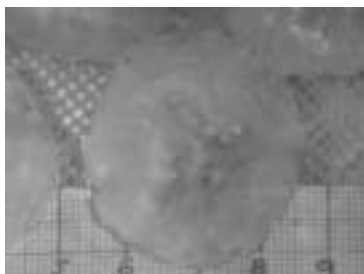


FOTO 4. Banano a 90 min.

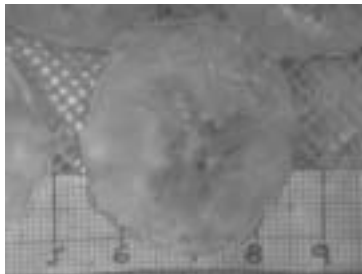


FOTO 5. Banano a 120 min.

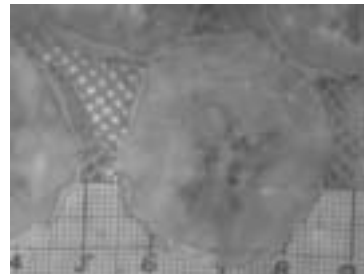


FOTO 6. Banano a 150 min.

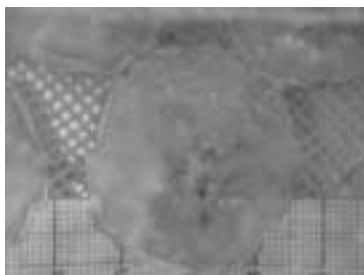


FOTO 7. Banano a 180 min.

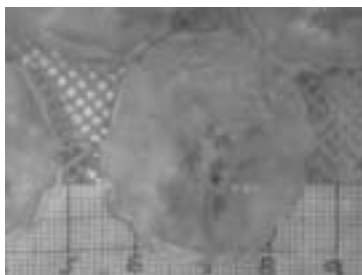


FOTO 8. Banano a 210 min.



BANANO 54.5°C Y 3.5m/s



FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.



FOTO 3. Banano a 60 min.

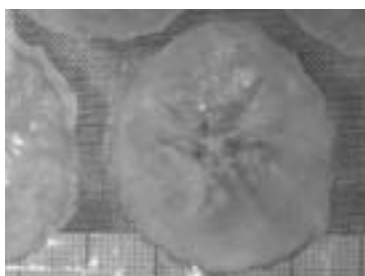


FOTO 4. Banano a 90 min.

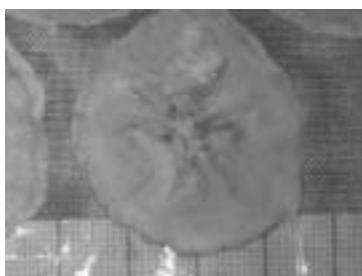


FOTO 5. Banano a 120 min.



FOTO 6. Banano a 150 min.

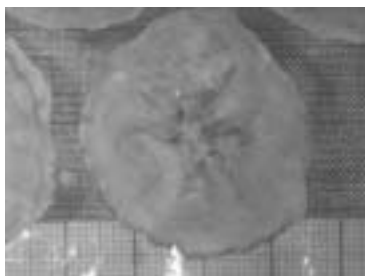


FOTO 7. Banano a 180 min.



BANANO A 52.5°C Y 3.5m/s.



FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.

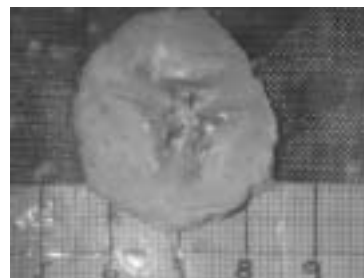


FOTO 3. Banano a 60 min.

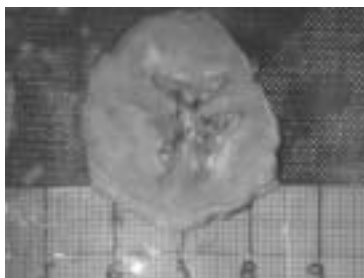


FOTO 4. Banano a 90 min.

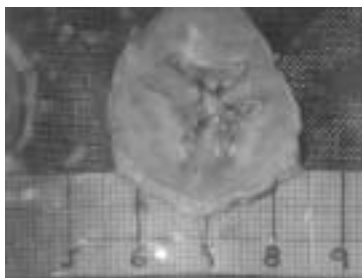


FOTO 5. Banano a 120 min.



FOTO 6. Banano a 150 min.

BANANO A 62°C Y 3.5m/s.



FOTO 1. Banano a 0 min.

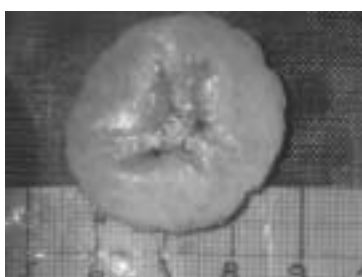


FOTO 2. Banano a 30 min.

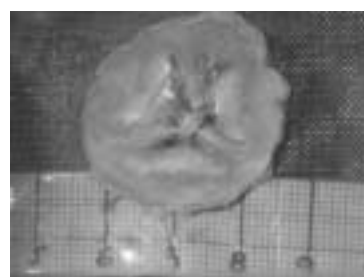


FOTO 3. Banano a 60 min.

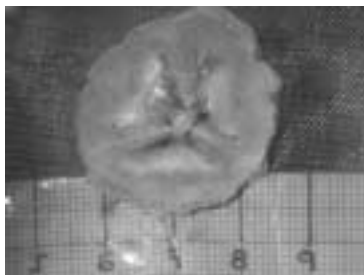


FOTO 4. Banano a 90 min.

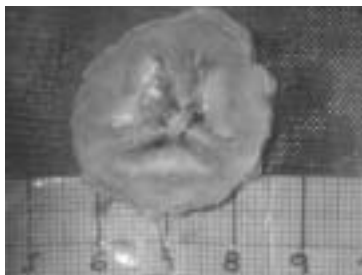


FOTO 5. Banano a 120 min.



BANANO A 29.9°C Y 8.0m/s.



FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.



FOTO 3. Banano a 60 min.



FOTO 4. Banano a 90 min.



FOTO 5. Banano a 120 min.

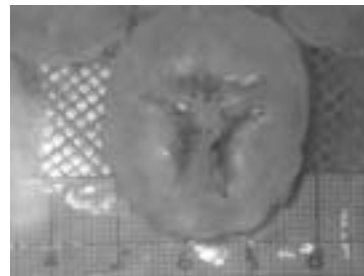


FOTO 6. Banano a 150 min.



FOTO 7. Banano a 180 min.



FOTO 8. Banano a 210 min.



FOTO 9. Banano a 240 min.



FOTO 10. Banano a 270 min.



FOTO 11. Banano a 300 min.



FOTO 12. Banano a 330 min.



FOTO 13. Banano a 360 min.



BANANO A 36°C Y 8.0m/s.

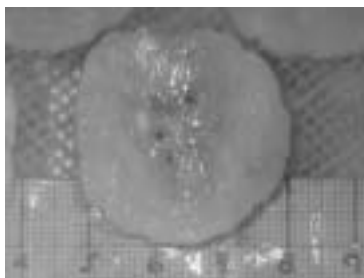


FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.

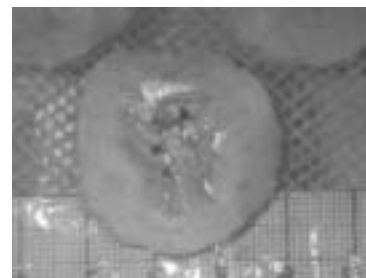


FOTO 3. Banano a 60 min.



FOTO 4. Banano a 90 min.

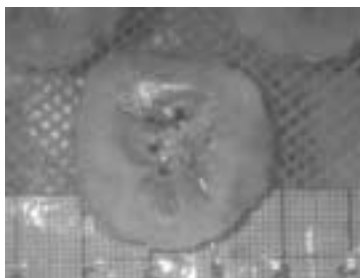


FOTO 5. Banano a 120 min.



FOTO 6. Banano a 150 min.

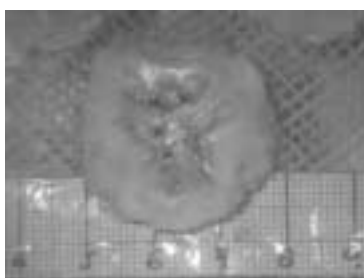


FOTO 7. Banano a 180 min.

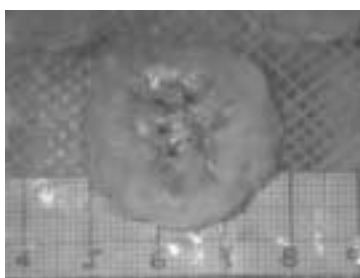


FOTO 8. Banano a 210 min.

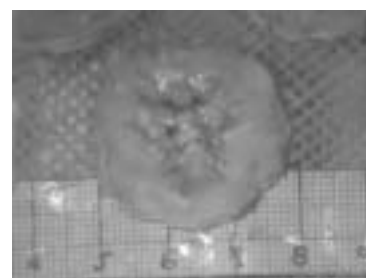


FOTO 9. Banano a 240 min.

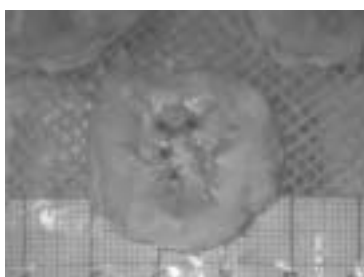


FOTO 10. Banano a 270 min.

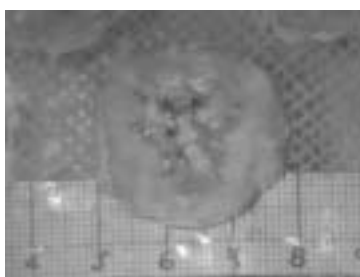


FOTO 11. Banano a 300 min.



FOTO 12. Banano a 330 min.



FOTO 13. Banano a 360 min.



BANANO A 39.1°C Y 8.0m/s.



FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.

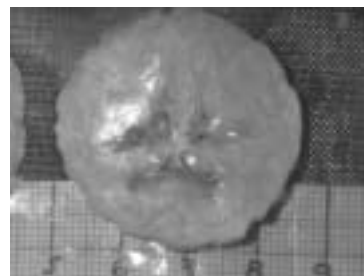


FOTO 3. Banano a 60 min.

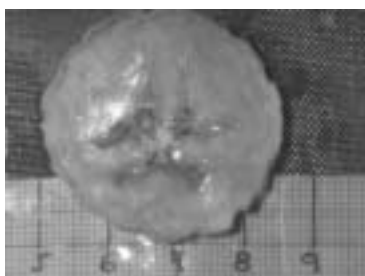


FOTO 4. Banano a 90 min.

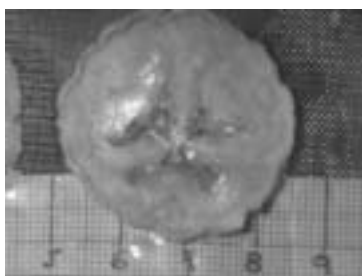


FOTO 5. Banano a 120 min.

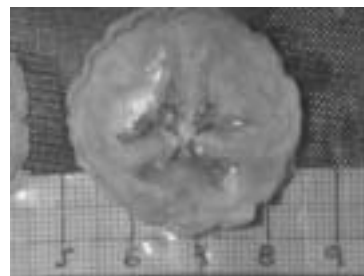


FOTO 6. Banano a 150 min.

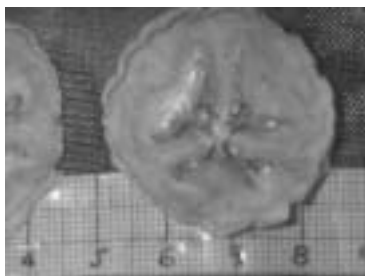


FOTO 7. Banano a 180 min.

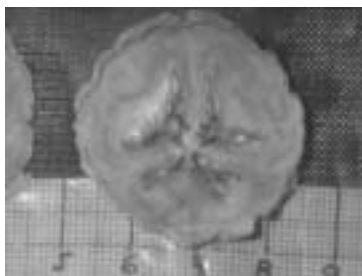


FOTO 8. Banano a 210 min.

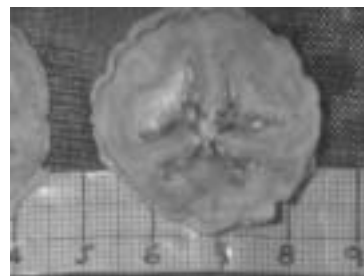


FOTO 9. Banano a 240 min.

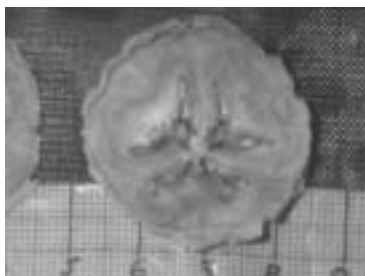


FOTO 10. Banano a 270 min.

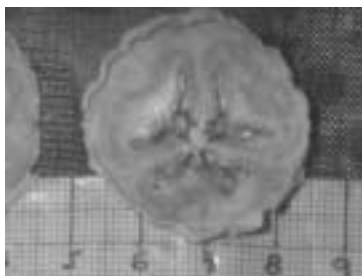


FOTO 11. Banano a 300 min.



BANANO A 46.5°C Y 8.0m/s

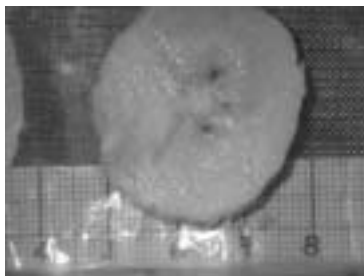


FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.

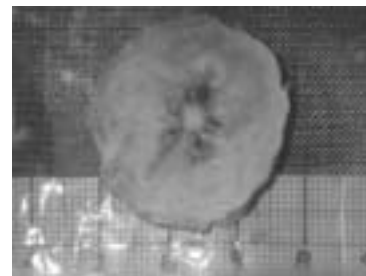


FOTO 3. Banano a 60 min.

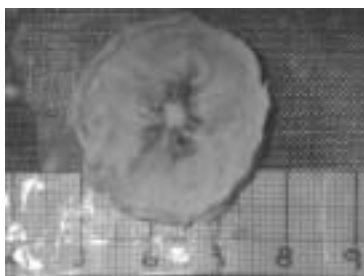


FOTO 4. Banano a 90 min.

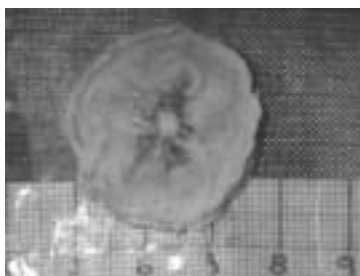


FOTO 5. Banano a 120 min.

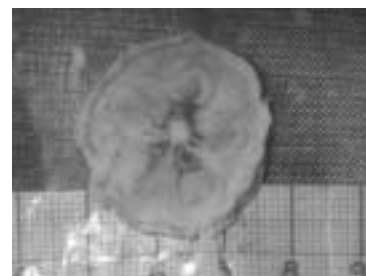


FOTO 6. Banano a 150 min.

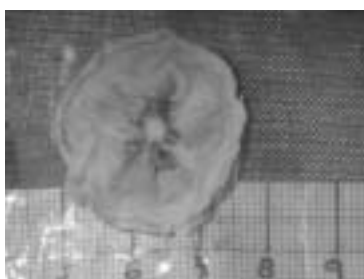


FOTO 7. Banano a 180 min.



FOTO 8. Banano a 210 min.



BANANO A 46.7°C Y 8.0m/s.



FOTO 1. Banano a 0 min.



FOTO 2. Banano a 30 min.

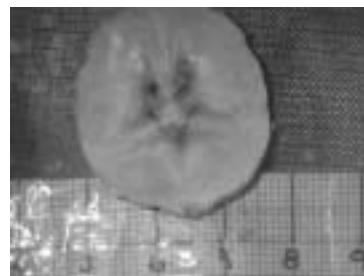


FOTO 3. Banano a 60 min.



FOTO 4. Banano a 90 min.



FOTO 5. Banano a 120 min.

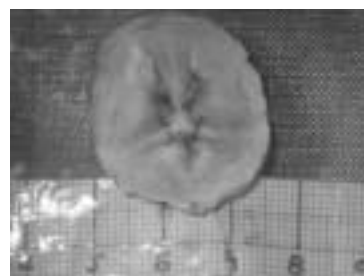


FOTO 6. Banano a 150 min.



ANEXO E

MELON A 32.7°C Y 2.1m/s

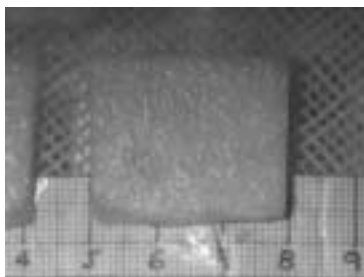


FOTO 1. Melón a 0 min.

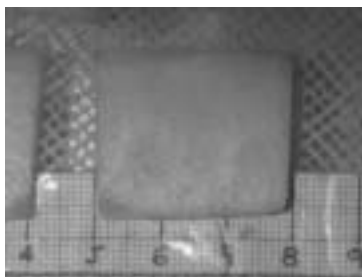


FOTO 2. Melón a 30 min.

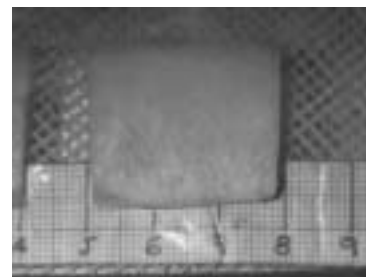


FOTO 3. Melón a 60 min.

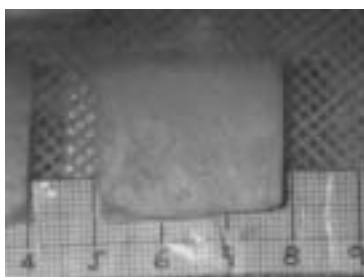


FOTO 4. Melón a 90 min.

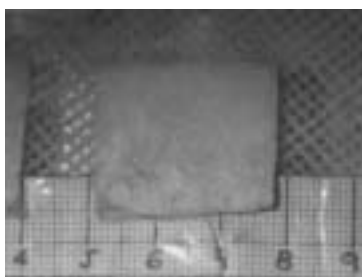


FOTO 5. Melón a 120 min.

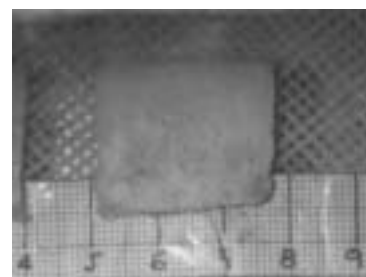


FOTO 6. Melón a 150 min.



FOTO 7. Melón a 180 min.

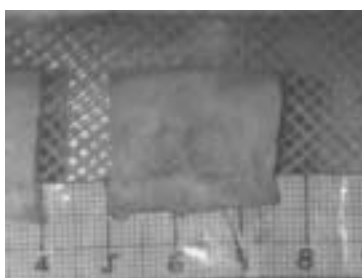


FOTO 8. Melón a 210 min.

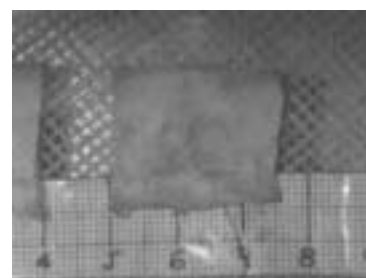


FOTO 9. Melón a 240 min.

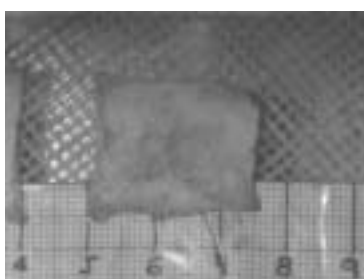


FOTO 10. Melón a 270 min.

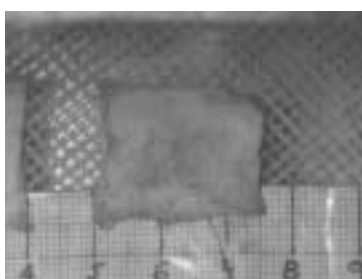


FOTO 11. Melón a 300 min.

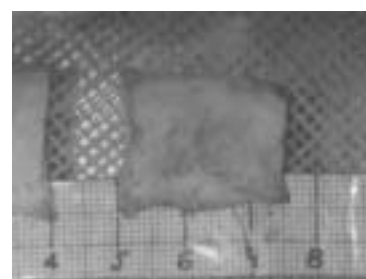


FOTO 12. Melón a 330 min.



MELON A 45.4°C Y 2.1m/s.

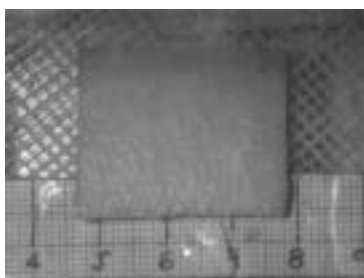


FOTO 1. Melón a 0 min.

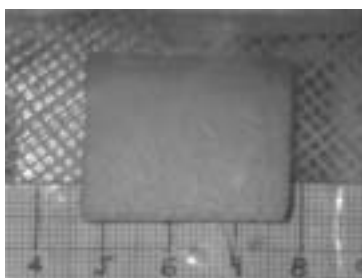


FOTO 2. Melón a 30 min.

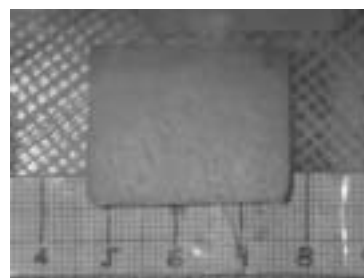


FOTO 3. Melón a 60 min.

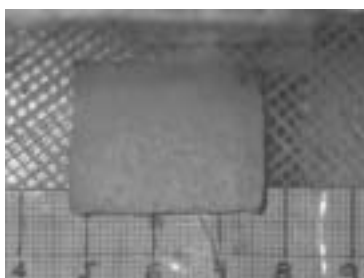


FOTO 4. Melón a 90 min.

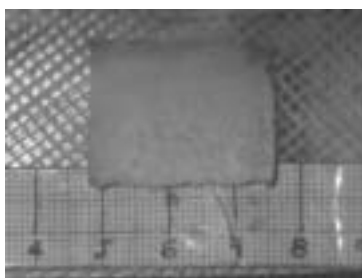


FOTO 5. Melón a 120 min.

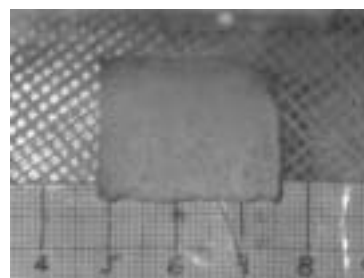


FOTO 6. Melón a 150 min.

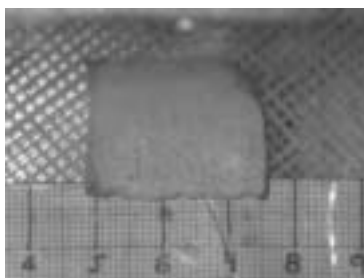


FOTO 7. Melón a 180 min.

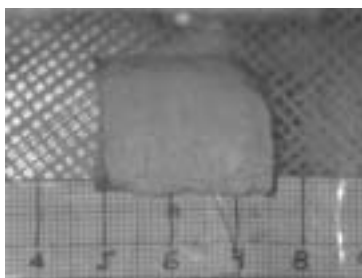


FOTO 8. Melón a 210 min.

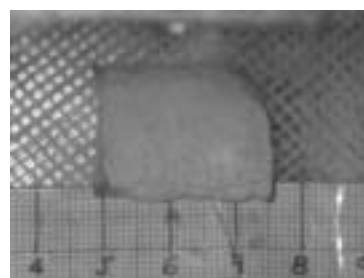


FOTO 9. Melón a 240 min.

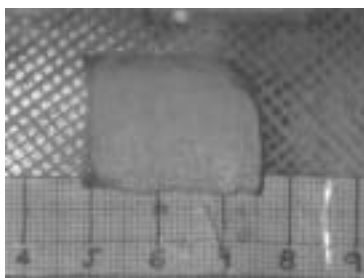


FOTO 10. Melón a 270 min.

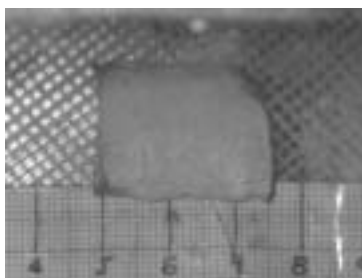


FOTO 11. Melón a 300 min.



MELON A 58.4°C Y 2.1m/s

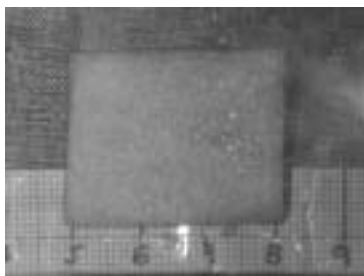


FOTO 1. Melón a 0 min.



FOTO 2. Melón a 30 min.

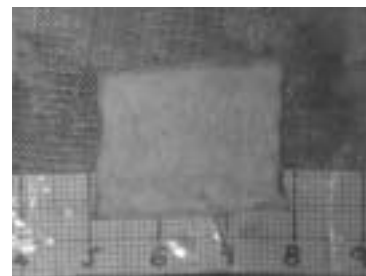


FOTO 3. Melón a 60 min.



FOTO 4. Melón a 90 min.



FOTO 5. Melón a 120 min.

MELON A 63.6°C Y 2.1m/s

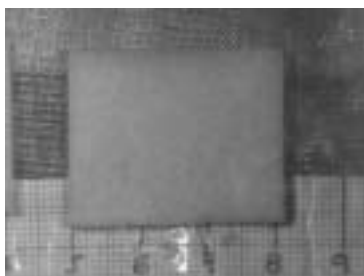


FOTO 1. Melón a 0 min.



FOTO 2. Melón a 30 min.

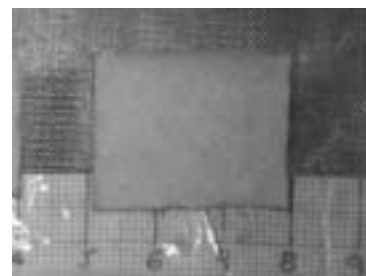


FOTO 3. Melón a 60 min.

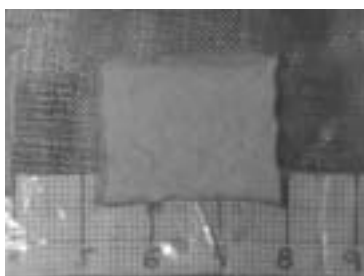


FOTO 4. Melón a 90 min.

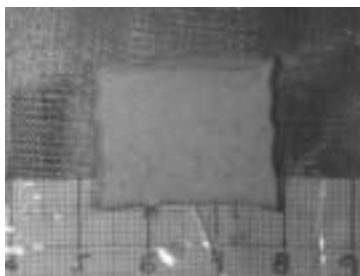


FOTO 5. Melón a 120 min.



FOTO 6. Melón a 150 min.



MELON A 58.7°C Y 2.1m/s

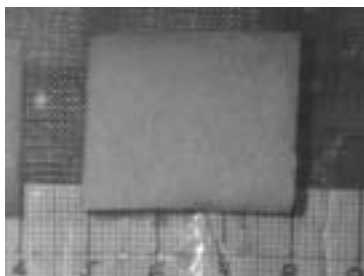


FOTO 1. Melón a 0 min.

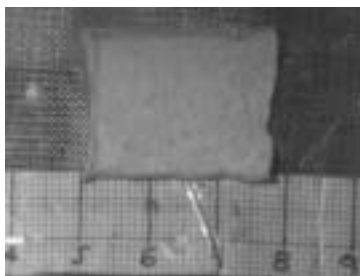


FOTO 2. Melón a 30 min.

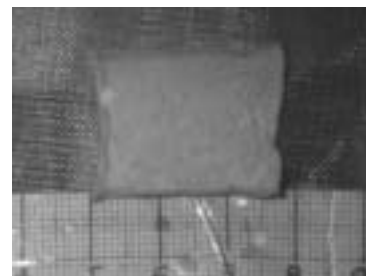


FOTO 3. Melón a 60 min.

MELON A 31.9°C Y 3.5m/s

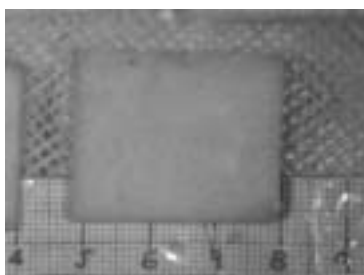


FOTO 1. Melón a 0 min.

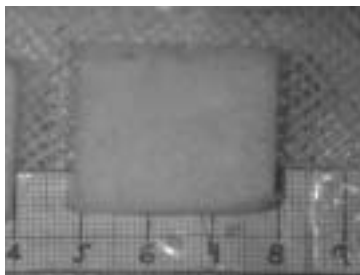


FOTO 2. Melón a 30 min.

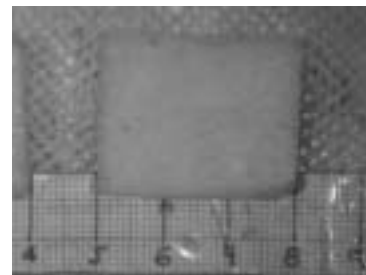


FOTO 3. Melón a 60 min.

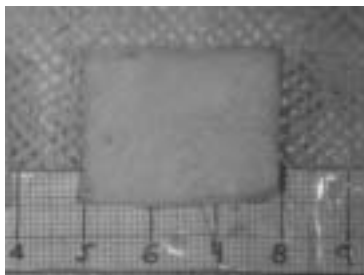


FOTO 4. Melón a 90 min.

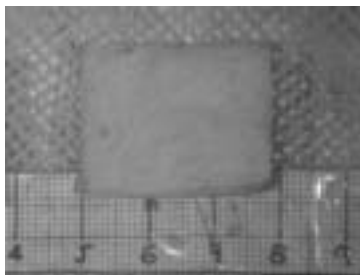


FOTO 5. Melón a 120 min.

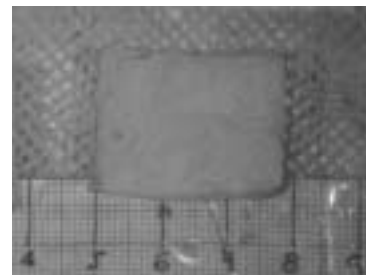


FOTO 6. Melón a 150 min.

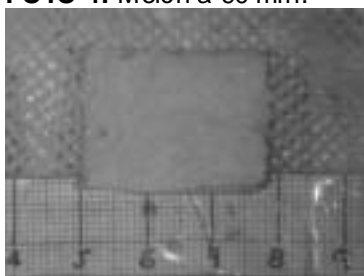


FOTO 7. Melón a 180 min.

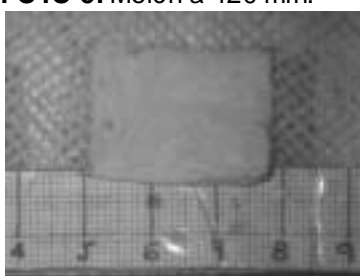


FOTO 8. Melón a 210 min.

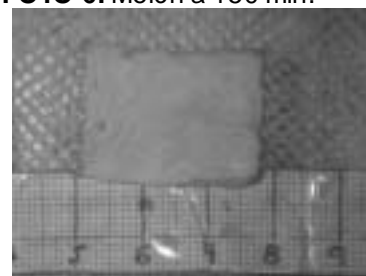


FOTO 9. Melón a 240 min.

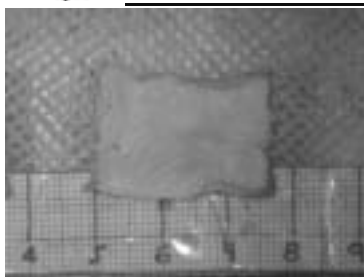


FOTO 10. Melón a 270 min.

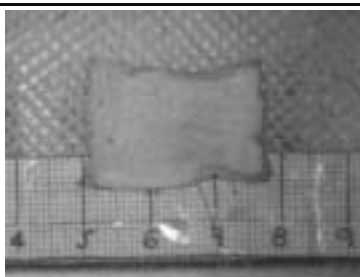


FOTO 11. Melón a 300 min.

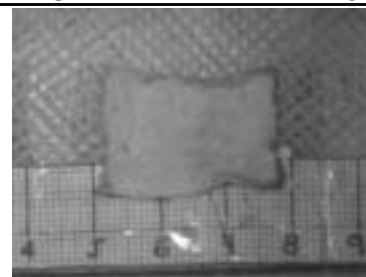


FOTO 12. Melón a 330 min.

MELON A 41.6°C Y 3.5m/s



FOTO 1. Melón a 0 min.

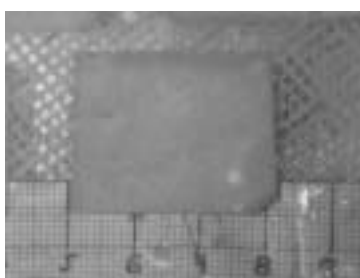


FOTO 2. Melón a 30 min.

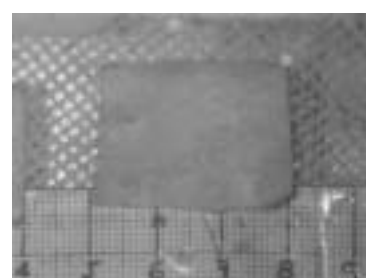


FOTO 3. Melón a 60 min.

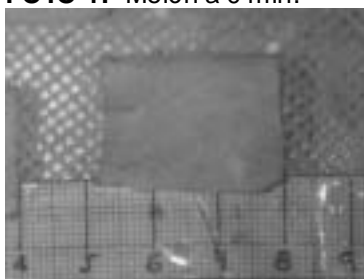


FOTO 4. Melón a 90 min.

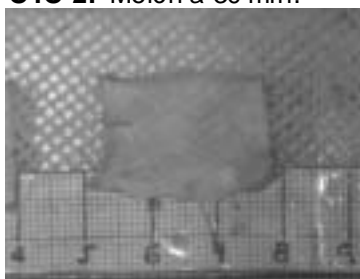


FOTO 5. Melón a 120 min.

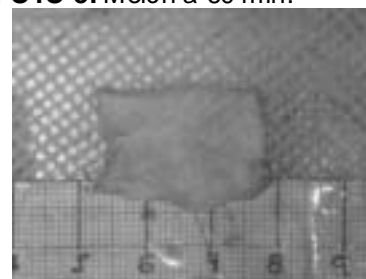


FOTO 6. Melón a 150 min.

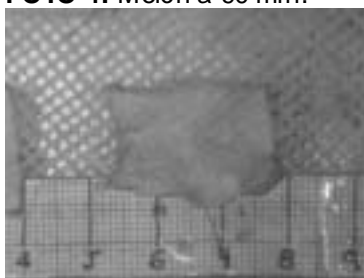


FOTO 7. Melón a 180 min.

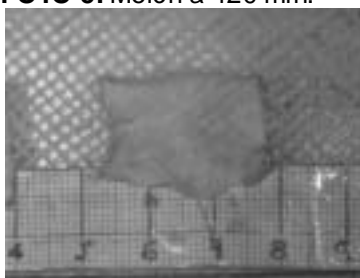


FOTO 8. Melón a 210 min.



MELON A 47.6°C Y 3.5m/s

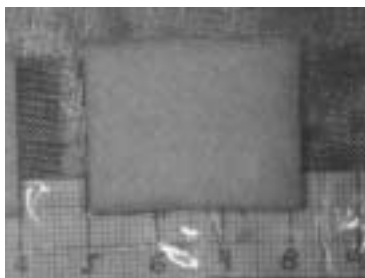


FOTO 1. Melón a 0 min.

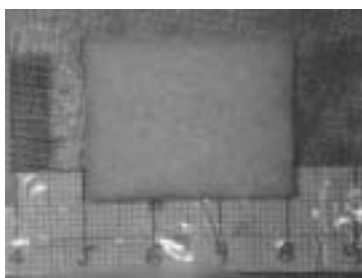


FOTO 2. Melón a 30 min.

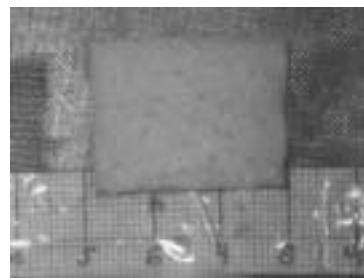


FOTO 3. Melón a 60 min.



FOTO 4. Melón a 90 min.

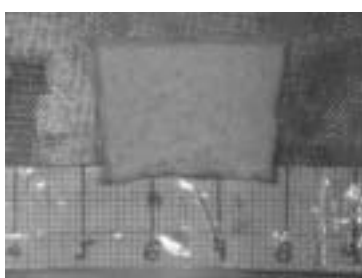


FOTO 5. Melón a 120 min.

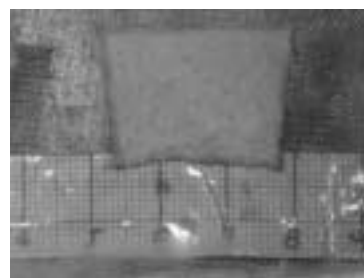


FOTO 6. Melón a 150 min.



FOTO 7. Melón a 180 min.



MELON A 58.6°C Y 3.5m/s



FOTO 1. Melón a 0 min.

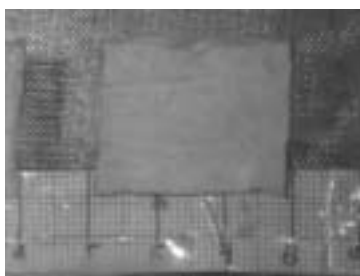


FOTO 2. Melón a 30 min.



FOTO 3. Melón a 60 min.

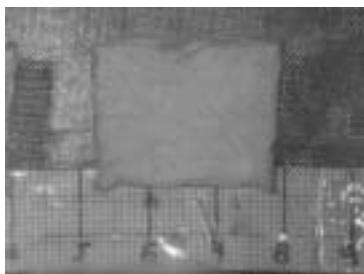


FOTO 4. Melón a 90 min.

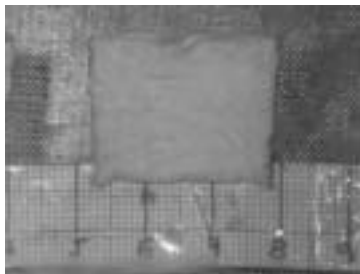


FOTO 5. Melón a 120 min.

MELON A 57.2°C Y 3.5m/s

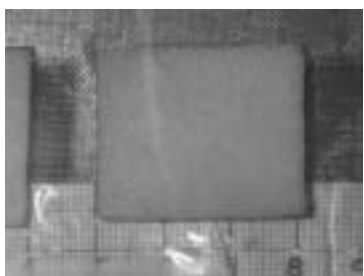


FOTO 1. Melón a 0 min.

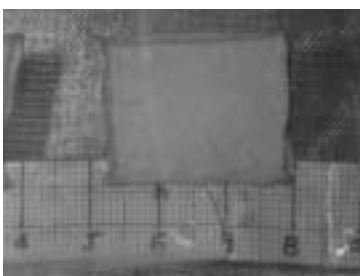


FOTO 2. Melón a 30 min.

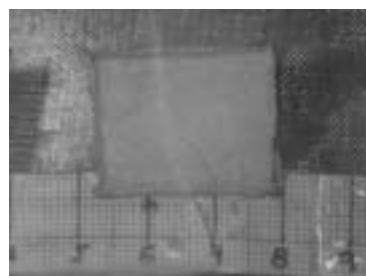


FOTO 3. Melón a 60 min.



MELON A 29.8°C Y 8.0m/s



FOTO 1. Melón a 0 min.

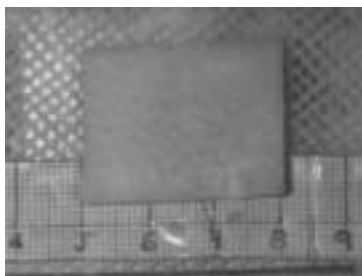


FOTO 2. Melón a 30 min.

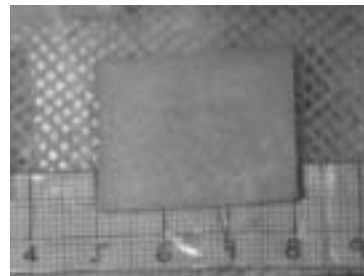


FOTO 3. Melón a 60 min.

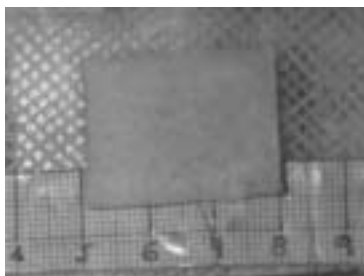


FOTO 4. Melón a 90 min.

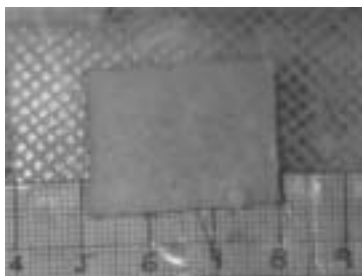


FOTO 5. Melón a 120 min.

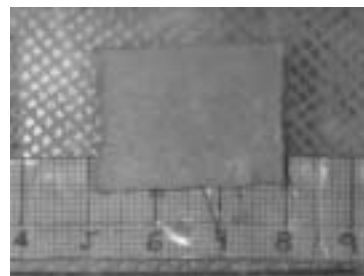


FOTO 6. Melón a 150 min.

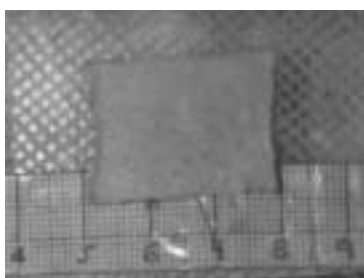


FOTO 7. Melón a 180 min.

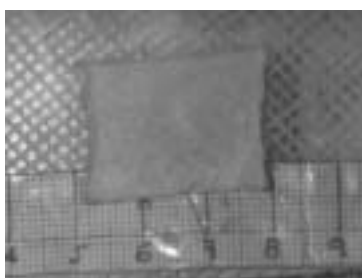


FOTO 8. Melón a 210 min.

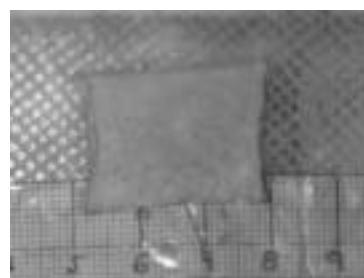


FOTO 9. Melón a 240 min.



FOTO 10. Melón a 270 min.

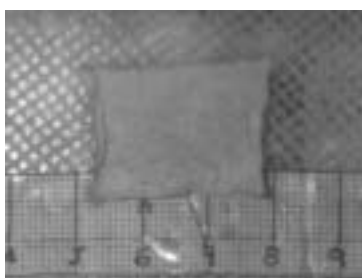


FOTO 11. Melón a 300 min.

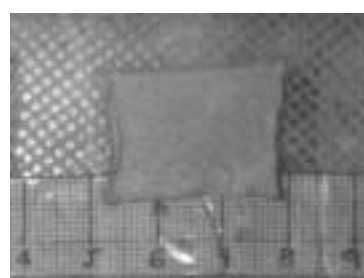


FOTO 12. Melón a 330 min.



MELON A 36.4°C Y 8.0m/s

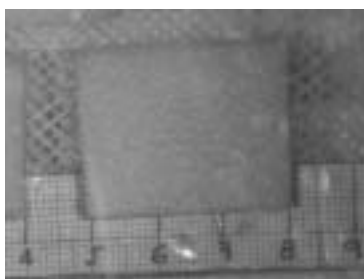


FOTO 1. Melón a 0 min.

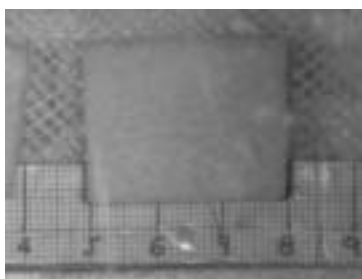


FOTO 2. Melón a 30 min.

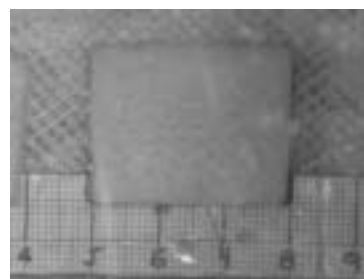


FOTO 3. Melón a 60 min.

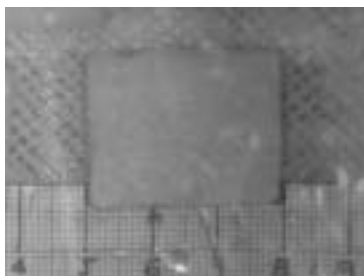


FOTO 4. Melón a 90 min.



FOTO 5. Melón a 120 min.

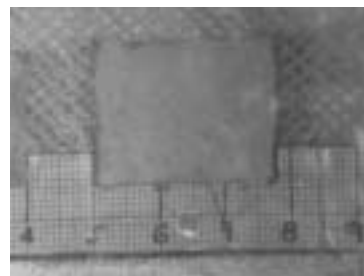


FOTO 6. Melón a 150 min.

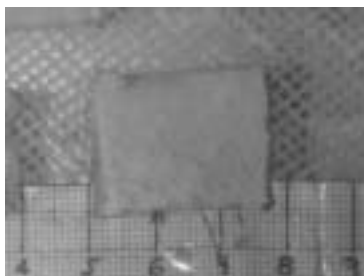


FOTO 7. Melón a 180 min.

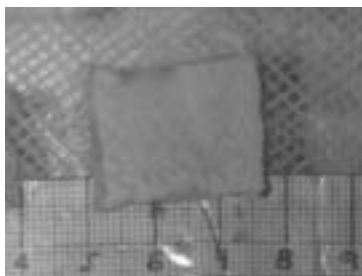


FOTO 8. Melón a 210 min.

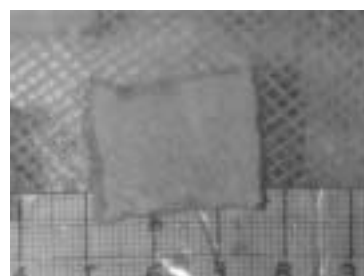


FOTO 9. Melón a 240 min.



FOTO 10. Melón a 270 min.

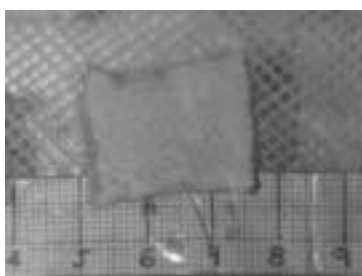


FOTO 11. Melón a 300 min.

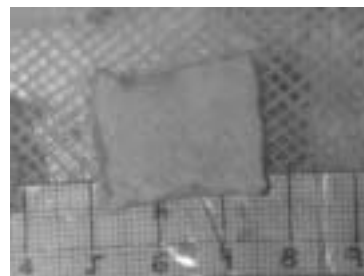


FOTO 12. Melón a 330 min.



MELON A 42.8°C Y 8.0m/s

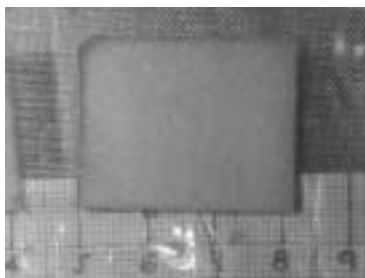


FOTO 1. Melón a 0 min.



FOTO 2. Melón a 30 min.

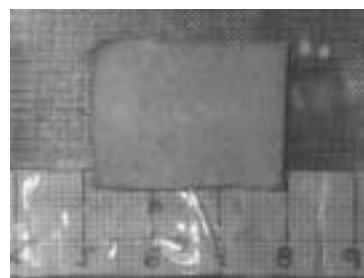


FOTO 3. Melón a 60 min.



FOTO 4. Melón a 90 min.



FOTO 5. Melón a 120 min.



FOTO 6. Melón a 150 min.



FOTO 7. Melón a 180 min.



MELON A 43.3°C Y 8.0m/s



FOTO 1. Melón a 0 min.

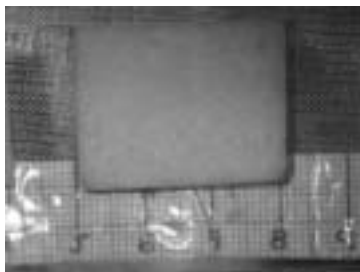


FOTO 2. Melón a 30 min.



FOTO 3. Melón a 60 min.



FOTO 4. Melón a 90 min.



FOTO 5. Melón a 120 min.



FOTO 6. Melón a 150 min.

MELON A 49°C Y 8.0m/s

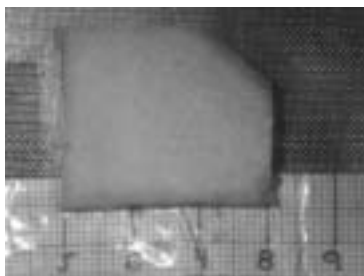


FOTO 1. Melón a 0 min.

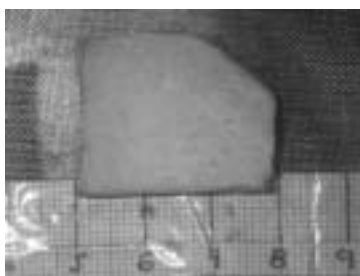


FOTO 2. Melón a 30 min.

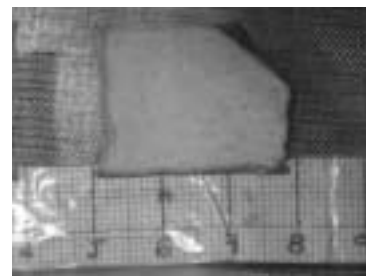


FOTO 3. Melón a 60 min.

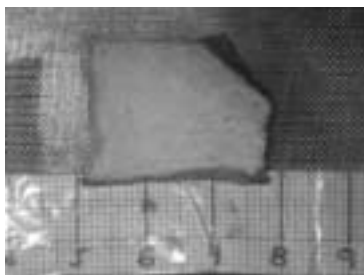


FOTO 4. Melón a 90 min.

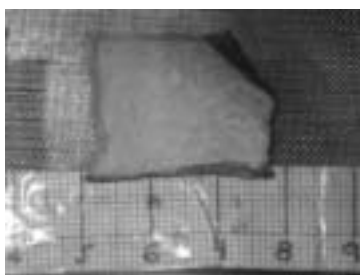


FOTO 5. Melón a 120 min.

**ANEXO F****TABLAS DE TEXTURA PARA BANANO****TABLA 1.** Valores de fuerza máxima para banano fresco.

BANANO FRESCO	
Nº MUESTRA	
1	742,9
2	747
3	606,8
PROMEDIO	698,9

TABLA 2. Valores de fuerza máxima para banano secado a una velocidad de aire de 2.1m/s.

BANANO 2.1m/s					
Nº MUESTRA	34°C	47.2°C	61.5°C	67.4°C	73.6°C
1	9053,1	259,4	340,2	1019,4	2511,2
2	254,7	242,8	330	693,5	586,5
3	0	281,7	165,3	1536,2	1209,3
PROMEDIO	3102,6	261,3	278,5	1083,033	1435,667

TABLA 3. Valores de fuerza máxima para banano secado a una velocidad de aire de 3.5m/s.

BANANO 3.5m/s					
Nº MUESTRA	33.18°C	48.1°C	54.5°C	52.5°C	62°C
1	1086,8	312,9	327,4	13625,3	92875,1
2	447,3	150,6	214,6	15356,6	82349,6
3	117,9	236,4	348,6	17371,3	66940,4
PROMEDIO	550,6667	233,3	296,8667	15451,07	80721,7

**TABLA 4.** Valores de fuerza máxima para banano secado a una velocidad de aire de 8.0m/s.

BANANO 8.0m/s					
Nº MUESTRA	29.9°C	36°C	39.1°C	46.5°C	46.7°C
1	1739,1	559,5	194,5	12385,7	9721,1
2	784,9	1061	165,5	15293,4	10032,7
3	2159,3	4659,6	217,4	13605,2	10136,9
PROMEDIO	1561,1	2093,367	192,4667	13761,43	9963,567

TABLAS DE TEXTURA PARA MELON

TABLA 5. Valores de fuerza máxima para melón fresco.

MELON FRESCO	
Nº MUESTRA	
1	7939,6
2	7400,8
3	7313,6
PROMEDIO	7551,3333

TABLA 6. Valores de fuerza máxima para melón secado a una velocidad de aire de 2.1m/s.

MELON 2.1m/s					
Nº MUESTRA	32.7°C	45.4°C	58.4°C	63.6°C	58.7°C
1	4229,9	38466,2	21015,1	7242,6	12511,7
2	4897,3	48969,2	21023,7	4254,3	12183,3
3	5382,3	62843,7	19278	3323,7	14094,1
PROMEDIO	4836,5	50093,03	20438,93	4940,2	12929,7

TABLA 7. Valores de fuerza máxima para melón secado a una velocidad de aire de 3.5m/s.

MELON 3.5m/s					
Nº MUESTRA	31.9°C	41.6°C	47.6°C	58.6°C	57.2°C
1	7758,2	10042,6	25025,7	2092	2491,9
2	7981,9	9847,8	23286,4	2922,5	2753,9
3	7715,5	10078,5	24213	3170,3	2186,9
PROMEDIO	7818,533	9989,633	24175,03	2728,267	2477,567



TABLA 8. Valores de fuerza máxima para melón secado a una velocidad de aire de 8.0m/s.

MELON 8.0m/s					
Nº MUESTRA	29.8°C	36.4°C	42.8°C	43.3°C	49°C
1	4412,5	6298,8	9644,1	5960,8	13549,7
2	4506,8	5927,5	11280,6	7298,8	14324,8
3	4314,9	5262,2	8659,2	7667,7	16384,9
PROMEDIO	4411,4	5829,5	9861,3	6975,767	14753,13



ANEXO G

TABLA 1. Actividad de agua del banano

BANANO 2.1m/s 34°C		BANANO 2.1m/s 47.2°C		BANANO 2.1m/s 61.5°C		BANANO 2.1m/s 67.4°C		BANANO 2.1 m/s 73.6°C	
MUESTRA 1	0,44	MUESTRA 1	0,35	MUESTRA 1	0,311	MUESTRA 1	0,194	MUESTRA 1	0,183
MUESTRA 2	0,442	MUESTRA 2	0,321	MUESTRA 2	0,284	MUESTRA 2	0,191	MUESTRA 2	0,361
MUESTRA 3	0,448	MUESTRA 3	0,334	MUESTRA 3	0,298	MUESTRA 3	0,197	MUESTRA 3	0,189
PROMEDIO	0,443333333	PROMEDIO	0,335	PROMEDIO	0,297666667	PROMEDIO	0,194	PROMEDIO	0,244333333
DESVIACION	0,004163332	DESVIACION	0,014525839	DESVIACION	0,013503086	DESVIACION	0,003	DESVIACION	0,101080826

BANANO 3.5m/s 33.18°C		BANANO 3.5m/s 48.1°C		BANANO 3.5m/s 54.5°C		BANANO 3.5m/s 52.5°C		BANANO 3.5m/s 62°C	
MUESTRA 1	0,633	MUESTRA 1	0,277	MUESTRA 1	0,218	MUESTRA 1	0,324	MUESTRA 1	0,242
MUESTRA 2	0,705	MUESTRA 2	0,242	MUESTRA 2	0,219	MUESTRA 2	0,443	MUESTRA 2	0,258
MUESTRA 3	0,548	MUESTRA 3	0,338	MUESTRA 3	0,21	MUESTRA 3	0,329	MUESTRA 3	0,262
PROMEDIO	0,628666667	PROMEDIO	0,285666667	PROMEDIO	0,215666667	PROMEDIO	0,365333333	PROMEDIO	0,254
DESVIACION	0,078589652	DESVIACION	0,048583262	DESVIACION	0,004932883	DESVIACION	0,067307751	DESVIACION	0,010583005

BANANO 8.0m/s 29.9°C		BANANO 8.0 m/s 36°C		BANANO 8.0m/s 39.1°C		BANANO 8.0m/s 46.5°C		BANANO 8.0m/s 46.7°C	
MUESTRA 1	0,398	MUESTRA 1	0,344	MUESTRA 1	0,589	MUESTRA 1	0,456	MUESTRA 1	0,275
MUESTRA 2	0,402	MUESTRA 2	0,504	MUESTRA 2	0,336	MUESTRA 2	0,367	MUESTRA 2	0,281
MUESTRA 3	0,409	MUESTRA 3	0,427	MUESTRA 3	0,382	MUESTRA 3	0,345	MUESTRA 3	0,243
PROMEDIO	0,403	PROMEDIO	0,425	PROMEDIO	0,435666667	PROMEDIO	0,389333333	PROMEDIO	0,266333333
DESVIACION	0,005567764	DESVIACION	0,080018748	DESVIACION	0,134767701	DESVIACION	0,058773577	DESVIACION	0,020428738



TABLA 2. Actividad de agua del melón

MELON 2.1m/s 32.7°C		MELON 2.1m/s 45.4°C		MELON 2.1m/s 58.4°C		MELON 2.1m/s 63.6°C		MELON 2.1m/s 58.7°C	
MUESTRA 1	0,385	MUESTRA 1	0,307	MUESTRA 1	0,258	MUESTRA 1	0,306	MUESTRA 1	0,294
MUESTRA 2	0,375	MUESTRA 2	0,292	MUESTRA 2	0,265	MUESTRA 2	0,323	MUESTRA 2	0,307
MUESTRA 3	0,348	MUESTRA3	0,314	MUESTRA3	0,28	MUESTRA 3	0,317	MUESTRA 3	0,299
PROMEDIO	0,369333333	PROMEDIO	0,304333333	PROMEDIO	0,267666667	PROMEDIO	0,315333333	PROMEDIO	0,3
DESVIACION	0,019139836	DESVIACION	0,01123981	DESVIACION	0,01123981	DESVIACION	0,008621678	DESVIACION	0,006557439

MELON 3.5m/s 31.9°C		MELON 3.5m/s 41.6°C		MELON 3.5m/s 47.6°C		MELON 3.5m/s 58.6°C		MELON 3.5m/s 57.2°C	
MUESTRA 1	0,362	MUESTRA 1	0,32	MUESTRA 1	0,338	MUESTRA 1	0,302	MUESTRA 1	0,282
MUESTRA 2	0,404	MUESTRA 2	0,308	MUESTRA 2	0,352	MUESTRA 2	0,315	MUESTRA 2	0,306
MUESTRA 3	0,393	MUESTRA 3	0,315	MUESTRA 3	0,346	MUESTRA 3	0,302	MUESTRA 3	0,296
PROMEDIO	0,386333333	PROMEDIO	0,314333333	PROMEDIO	0,345333333	PROMEDIO	0,306333333	PROMEDIO	0,294666667
DESVIACION	0,021779195	DESVIACION	0,006027714	DESVIACION	0,007023769	DESVIACION	0,007505553	DESVIACION	0,012055428

MELON 8.0m/s 29.8°C		MELON 8.0m/s 36.4°C		MELON 8.0m/s 42.8°C		MELON 8.0m/s 43.3°C		MELON 8.0m/s 49°C	
MUESTRA 1	0,368	MUESTRA 1	0,317	MUESTRA 1	0,283	MUESTRA 1	0,39	MUESTRA 1	0,351
MUESTRA 2	0,428	MUESTRA 2	0,302	MUESTRA 2	0,289	MUESTRA 2	0,374	MUESTRA 2	0,35
MUESTRA 3	0,359	MUESTRA 3	0,281	MUESTRA 3	0,294	MUESTRA 3	0,389	MUESTRA 3	0,358
PROMEDIO	0,385	PROMEDIO	0,3	PROMEDIO	0,288666667	PROMEDIO	0,384333333	PROMEDIO	0,353
DESVIACION	0,037509999	DESVIACION	0,018083141	DESVIACION	0,005507571	DESVIACION	0,008962886	DESVIACION	0,004358899